

Arbeitswissenschaftler*innen und Fahrende In-the-loop oder On-the-loop? Ganzheitliche Mensch-Technik-Integration am Beispiel Teleoperation von Fahrzeugen

Frank FLEMISCH^{1,2}, Joscha WASSER², Nicolas HERZBERGER^{1,2}, Andreas
SCHRANK³, Michael OEHL³, Martin BAUMANN⁴, Klaus BENGLER⁵

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University,
Eilfschornsteinstraße 18, D-52062 Aachen*

² *Fraunhofer FKIE,*

Fraunhoferstraße 20, D-53343 Wachtberg

³ *Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e. V.,*

*Institut für Verkehrssystemtechnik, Kooperative Systeme,
Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig*

⁴ *Universität Ulm, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Informatik und Psychologie,
Institut für Psychologie und Pädagogik, Abt. Human Factors, D-89069 Ulm*

⁵ *Technische Universität München, Lehrstuhl für Ergonomie,
Boltzmannstraße 15, D-85747 Garching*

Kurzfassung: Der Beitrag beschreibt die Vorgehensweise einer interdisziplinären, von der Deutschen Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) koordinierten Expertengruppe zum Forschungsbedarf für Teleoperation von Fahrzeugen, insbesondere des Clusters 2 zum Thema Mensch-Technik-Integration. Ausgehend von diesem aktuellen Beispiel der Teleoperation wird diskutiert, inwieweit die Arbeitswissenschaft sich von „out-of-the-loop“ in Richtung „on-the-loop“ oder sogar „in-the-loop“ entwickeln sollte, und welche Chancen und Risiken damit verbunden sein könnten.

Schlüsselwörter: Human Systems Integration, Holistisch, Teleoperation

1. Einleitung: Arbeitswissenschaftler*innen in-the-loop, on-the-loop oder out-of-the-loop?

Durch Jahrzehnte unverdrossenen Brückenbauens und Integrierens zwischen technischen sowie an Menschen und an Organisationen orientierten Disziplinen hat sich die Arbeitswissenschaft immer weiter von der reinen Analyse und Beurteilung von Arbeitsvorgängen, zunächst „after-the-loop“ nun hin zur Mitgestaltung von Arbeitssystemen und -prozessen emanzipiert. Diese Mitgestaltung ist immer noch „before-the-loop“, also bevor die Echtzeit-Regelkreise der Führung durch Operateure und zunehmend Management wahrgenommen werden, ist aber bereits jetzt eine Erfolgsgeschichte. Je mehr unsere soziotechnischen Systeme und wir Menschen durch technologischen Druck („Technology push“) wie zunehmende Digitalisierung, Virtualisierung und Künstliche Intelligenz, aber auch erhöhten Anforderungen („requirements pull“), z. B. durch Klimawandel, Pandemien, Migrationsbewegungen oder Kriege unter Spannung gesetzt und im Sinne von (Rosa 2005) beschleunigt werden, desto mehr könnte

auch eine Entwicklung der Arbeitswissenschaft von „before-the-loop“ hin zu einer Involvierung von Experten in Echtzeit gehen. Je zeitkritischer diese Entwicklung ist, desto wichtiger wird eine grundlegende Hinterfragung dieser Regelschleifen.

Die Diskussion um „in-the-loop“ im Kontrast zu „out-of-the-loop“ und „on-the-loop“ wird, ausgelöst durch technologische Fortschritte wie Hochautomation, KI und nahezu echtzeitfähige 5G-Kommunikationsnetzwerke, in vielen Anwendungsdomänen intensiv geführt. Ein Beispiel dafür ist der Bereich der Kraftfahrzeuge, in dem neben hochautomatisierten Fahrzeugen nun auch komplett ferngesteuerte Fahrzeuge technisch möglich werden. Gleichzeitig ist es noch Gegenstand von Forschung und Entwicklung, wie die Integration der beteiligten Menschen und Organisationen mit diesen technisch komplexen Systemen erfolgt. Die Entwicklung ist zurzeit so schnell, dass eine Arbeitsgruppe der BAST den Forschungsbedarf strukturiert, während bereits von der Öffentlichkeit noch weitgehend unbemerkt die ersten Fahrzeuge ferngesteuert und ohne Sicherheitsfahrer im öffentlichen Straßenverkehr gefahren werden. Statt eines Nacheinandervon Forschung, Entwicklung, Test, Zulassung und Betriebs gibt es eine starke Spannung hin zur Gleichzeitigkeit, in der Fahrzeuge bereits mit einem Mindestsatz an Erkenntnissen betrieben werden sollen. Dazu werden in Echtzeit Daten erhoben und ausgewertet, um bei Sicherheitsproblemen schnell reagieren zu können. Im Moment sind diese Rückwirkungsschleifen noch stark technisch orientiert, aber es wird gleichzeitig immer klarer, dass eine Beteiligung der Arbeitswissenschaft „in-the-loop“ oder „on-the-loop“ hier nicht nur metaphorisch gemeint sein könnte, sondern ganz praktisch in Form eines Forschungs- und Entwicklungsnetzwerkes Sinn machen könnte, das zunehmend in Echtzeit diagnostizieren und reagieren kann. Ist es dieses „in-the-loop“ oder „on-the-loop“, in die sich die Arbeitswissenschaft entwickeln sollte, und wenn ja, wie gehen wir Arbeitswissenschaftler*innen damit um?

2. Anwendungsdomäne: Teleoperiertes Fahren „in-the-loop“, „on-the-loop“ und „out-of-the-loop“

Bevor weiter unten die Frage der Arbeitswissenschaft am Beispiel der Teleoperation weiter diskutiert wird, zunächst eine kurze Einführung: Unter Teleoperation wird die Übertragung von Informationen für den Fahrbetrieb an das Fahrzeug von außerhalb verstanden. Dabei besteht zum einen die Möglichkeit, dass eine teleoperierende Person (TOP) einem Fahrzeug aus einem räumlich getrennten Leitstand einzelne Fahrmanöver empfiehlt. Diese Art der Unterstützung wird als Teleassistentz bezeichnet und ist an die Remote Assistance nach SAE J3016 angelehnt. Eine alternative Ausprägungsform ist, dass die TOP die komplette (Fern-)Steuerung übernimmt, was als Telefahren bzw. Fernlenken bezeichnet wird und Remote Driving nach SAE J3016 ähnelt.

3. Mensch-Technik-Integration am Beispiel der Teleoperation

Das Cluster 2 „Leitstand, Ergonomie und Arbeitssicherheit“ der Expertengruppe adressiert die wichtigsten Forschungsfragen der sicheren und ergonomischen Gestaltung des teleoperierten Betriebs mit dem zentralen Fokus auf die TOP und deren Arbeitsumgebung. Es befasst sich mit der Gestaltung und Überprüfung von Leitständen, der Mensch-Maschine-Interaktion innerhalb und außerhalb von Fahrzeugen und ihrer

Auswirkung auf Systemqualitäten wie Leistung, Sicherheit, Gebrauchstauglichkeit und individueller Akzeptanz. Die Vorgehensweise der Arbeitsgruppe zur Identifikation der Forschungsfragen war eine kybernetischer, d. h. systemorientierter und auf Rückwirkungsschleifen beruhender Ansatz. Um Fragen im Mensch-Maschine-System selbst mit weitergehenden, organisatorischen und gesellschaftlichen Fragen verknüpfen zu können, wurde ein ganzheitlicher Ansatz gewählt, der systemisch und systematisch kleine mit großen Unter- und Teilsystemen verknüpft.

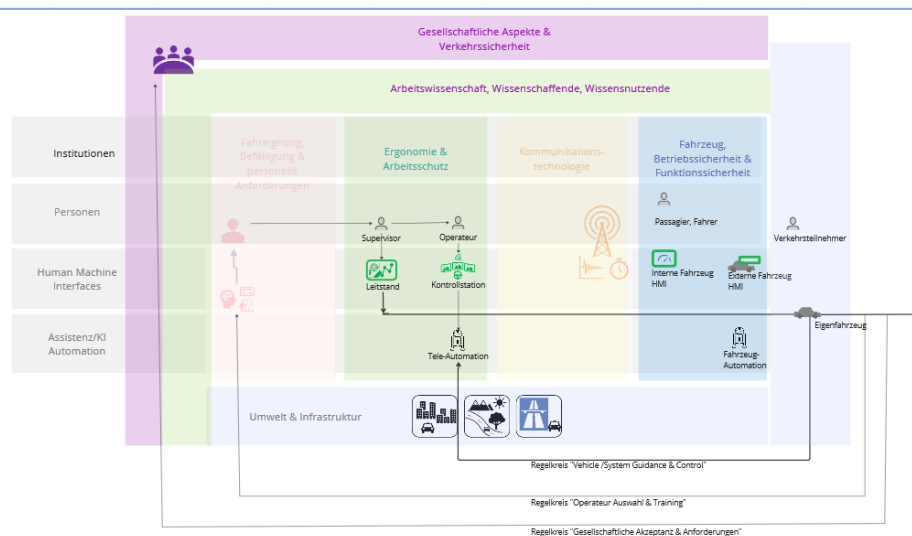


Abbildung 1: Holistisches Regel- und Beeinflussungsdiagramm mit einem arbeitswissenschaftlichen Layer (ausgehend von Flemisch et al. 2023, BAST 2024), Regelkreise des Teleoperierten Fahrens mit Telefahren „in-the-loop“ und Teleassistent „on-the-loop“

Einen Überblick über das ganzheitliche System Teleoperation bietet Abbildung 1. Es beschreibt das Zusammenspiel zwischen der Fahrzeugautomation und (KI-basierten) Assistenzsystemen und Personen, vermittelt über sogenannte Mensch-Maschine-Schnittstellen (Human-Machine Interfaces, HMIs). Diese Akteure interagieren mit der Umwelt sowie der Infrastruktur und sind eingebettet in gesellschaftliche Rahmenbedingungen und Anforderungen an die Verkehrssicherheit. Der Fokus des Cluster 2 lag auf dem Aspekt „Ergonomie und Arbeitsschutz“. Im Falle der Teleoperation übermittelt ein Supervisor Verhaltensempfehlungen (bei der Teleassistent) bzw. Fahrmanöver (beim Telefahren/Fernlenken) an ein betreutes Fahrzeug aus der Ferne. Dies kann entweder unmittelbar über ein HMI, den Leitstand, erfolgen, oder aber mittelbar von einer zweiten Person, dem Operator, über ein weiteres HMI, die Kontrollstation, ausgeführt werden. Zudem können Informationen aus der Umwelt und Infrastruktur über die Tele-Automation an den Supervisor bzw. Operator fließen, etwa zu den Witterungsverhältnissen oder dem festgelegten Betriebsbereich (Operational Design Domain, ODD), in dem sich das betreute Fahrzeug gerade befindet.

4. Was versteht man unter „in/on/out of the loop“?

Allgemein wird mit „in the loop“ das direkte Eingebundensein eines Untersystems, z. B. eines Menschen oder eines technischen Untersystems in einen Regelkreis („loop“) verstanden. Im Bereich der Mensch-Maschine-Systemtechnik wird dieses

Eingebundensein tatsächlich regelungstechnisch, d. h. hier mit Anforderungen an die Echtzeitfähigkeit verstanden, z. B. Johannsen (1993ff). Im Bereich der Arbeitswissenschaft wird das etwas weicher, auch ohne harte Echtzeitfähigkeit verstanden.

Mit „*on-the-loop*“, wird ausgehend von mehrschichtigen Beeinflussungs- und Regelkreisen, wie in der Equestrik, das indirekte Eingebundensein eines Untersystems, z. B. eines Menschen, in weitere mehr direktere Regelkreise verstanden, vergleichbar einem Reiter, der auf dem Pferd sitzend die komplexen Regelkreise dieses intelligenten Fortbewegungssystems beeinflusst (z. B. Flemisch et al. 2004, als Systembetrachtung kooperativer Systeme siehe auch Flemisch et al. (2019)).

Mit „*out-of-the-loop*“ wird der Zustand eines Untersystems wie eines Menschen oder einer Automation bezeichnet, in dem es keine oder nicht ausreichende Beeinflussung auf einen Beeinflussungs- und Regelkreis gibt.

Angewandt auf Teleoperiertes Fahren sind z. B. TOPs „in-the-loop“ oder „on-the-loop“, die Passagiere „out-of-the-loop“, wenn sie die Fahrzeugführung nicht mehr beeinflussen können. Eine Beeinflussbarkeit z. B. durch eine Wechselsprecheinrichtung würde die Passagiere theoretisch temporär „on-the-loop“ bringen.

5. Vorgehensweise und Vorab-Ergebnis des Clusters 2

Ausgehend von dieser allgemeinen Begriffsbestimmung des teleoperierten Fahrens und seiner Regel- und Beeinflussungskreise hatte die BAST-Arbeitsgruppe den Auftrag, den kurz-, mittel- und langfristigen Forschungsbedarf zu identifizieren. Cluster 2 „Leitstand, Ergonomie und Arbeitsschutz“ fokussierte sich dabei auf arbeitswissenschaftliche Fragestellungen.

Ausgangspunkt der Frage nach den Forschungsfragen war die Systemanalyse und das Systemverständnis: „Wie können teleoperierte Systeme inkl. Menschen, Organisation und Umwelt, hier insbesondere Leitstand, interne und externe HMIs und Regelkreise, überhaupt analysiert und so verstanden werden, dass sie gut gestaltet sind, kontrollierbar bleiben und gut genutzt werden können?“ Eine besondere Rolle dabei spielen neben den Fragen der statischen Organisation die zeitlichen Dimensionen, z. B. der fortlaufenden Weiterentwicklung, Anwendung und Qualitätssicherung.

Davon ausgehend wurde die übergeordnete Frage des Bewertungsraumes und Anforderungen formuliert: „Wie, d. h. mit welchen Kriterien und Methoden, können für das teleoperierte System, hier insbesondere Leitstand, interne und externe HMIs und Regelkreise, Anforderungen formuliert und bewertet werden, damit das soziotechnische System sicher, effizient und ergonomisch sinnvoll genutzt wird?“

Erst mit gutem Systemverständnis und Bewertungsfähigkeit sollte gestaltet werden: „Wie, d. h. mit welcher System-Gestaltung (System Design) und mit welchen Methoden, kann das teleoperierte System, hier insbesondere Leitstand, interne und externe HMIs und Regelkreise, gestaltet werden, damit das soziotechnische System sicher, effizient und ergonomisch genutzt werden kann und von den Interessenvertretungen/Stakeholdern als gut bewertet wird?“

Daran anschließend ist die Frage der Nutzung: „Wie kann und wie wird das soziotechnische System, hier insbesondere Leitstand, interne und externe HMIs und Regelkreise, von Nutzenden und Operierenden genutzt werden?“

Zu diesen Fragen wurde jeweils der Stand der Wissenschaft und Technik analysiert („Was kann ich wissen?“), die Grundannahmen und deren Konsequenzen diskutiert („Was darf ich hoffen?“), die noch offenen Forschungsfragen formuliert („Was kann

und soll ich fragen?“) und die Gestaltungsmöglichkeiten des soziotechnischen Systems und der Rolle des Menschen diskutiert („Was soll ich tun?“, „Was ist der Mensch?“). Dabei wurde identifiziert, dass neben einer Reihe von Detailfragen zu den einzelnen Untersystemen vor allem die Zusammenhänge zwischen den Untersystemen forschungsbedürftig sind, da genau hier emergente, möglicherweise extrem schädliche Effekte entstehen können. Und genau hier müssen insbesondere unterschiedliche Disziplinen, z. B. Systemingenieur*innen und Arbeitswissenschaftler*innen ein gemeinsames Systemverständnis entwickeln.

6. Was bedeutet das für die Disziplin Arbeitswissenschaft? Arbeitsweisen „before the loop, in-the-loop, on-the-loop“ oder temporär „out-of-the-loop“?

Arbeitswissenschaft lebt wie jede Wissenschaft aus den Spannungsfeldern Kritisch und Konstruktiv, Nähe und Abstand, Abstraktion und Konkretisierung bzw. Induktion und Deduktion: Nur mit genügend Involvierung und tiefem Eintauchen in Sachverhalte der Welt lassen sich diese begreifen, nur mit genügend Abstand lassen sie sich abstrahieren, Querverbindungen herstellen und durch Induktion in neue Theorien verallgemeinern.

Für unsere Frage nach der Arbeitswissenschaft „in“, „on“ oder „out“-of-the-loop deutet sich damit bereits ein Wechselspiel der unterschiedlichen Involviertheitsgrade an. Einerseits wird technisch eine Involviertheit von Arbeitswissenschaftler*innen tatsächlich „in-the-loop“ möglich. Am Beispiel der Teleoperation könnte dies eine starke Präsenz im Online-Monitoring von neueren Teleoperationseinrichtungen ermöglichen, um möglichst schnell nicht nur technische Fehler, sondern auch arbeitswissenschaftliche Probleme frühzeitig entdecken und lösen zu können. Dies wäre historisch nicht neu: Bereits seit den frühen Tagen der Arbeitswissenschaft gibt es qualitative und quantitative Beobachtungsstudien, bei der Arbeitswissenschaftler*innen sehr direkt in den Arbeitsprozessen eingebettet waren, nach Möglichkeit, ohne sie direkt zu verändern. Neu sind allerdings die technischen Möglichkeiten, dies auch „tele“, also über Entfernung, durchführen zu können. Neu ist auch der mögliche Bedarf z. B. von Betreibern, aber auch von Behörden, relativ zeitnah zu reagieren, wie dies z. B. in der Luftfahrt bei Problemen mit Automatisierung bereits seit Jahrzehnten üblich ist.

Da „in-the-loop“ oft recht zeit- und ressourcenintensiv ist, könnte eine erfolgversprechende Strategie darin bestehen, zunehmend Arbeitswissen aufzubauen und so aufzubereiten, dass sie maschinell „in-the-loop“ zum Einsatz kommen können, z. B., um mit Assistenzsystemen auf Probleme reagieren zu können. Diese Algorithmen können auch dazu verwendet werden, um Arbeitswissenschaftler*innen von „on-the-loop“ oder „temporär out-of-the-loop“ zu aktivieren und in den Loop zu bekommen. Ein vielversprechender Kandidat für die Wissensrepräsentation könnten Modelle von Interaktions- und Kooperationsmuster sein, die in einem iterativen Wechselwirken aus Theorie und Beobachtung aufgebaut und zur Überwachung der komplexen Regel- und Beeinflussungskreise genutzt werden können (siehe auch Baltzer et al. (2019), Flemisch et al. (2021)). Da viele der beschriebenen Effekte und Interaktionen nicht systematisch experimentell untersucht werden können, ist die möglichst dauerhafte Beobachtung des laufenden Betriebs sehr sinnvoll. Wichtig erscheint auch, die oben erwähnte systemische Betrachtung in eine möglichst quantitative Modellierung zu übertragen, die im Sinn eines digitalen Zwillings auch für andere Disziplinen nutzbar

ist und durch die anfallenden Beobachtungsdaten angereichert werden kann.

Sieht man das Teleoperierte Fahren als ein frühes Beispiel einer agilen Forschung, Entwicklung und Nutzung von sicherheitskritischen soziotechnischen Systemen, und nimmt man die warnenden Beispiele aus der Entwicklung der Fahrzeugautomation ernst (z. B. die Tesla-Unfälle, NTSB 2016ff), muss die Arbeitswissenschaft in die Lage versetzt werden, sich deutlich direkter und näher mit den kritischen Regel- und Beeinflussungsschleifen auseinanderzusetzen, und in einem Wechselspiel aus „in-the-loop“ und „on-the-loop“ das Beste solcher neuen Systeme zu fördern und gleichzeitig Schaden abzuwenden. Da sich die Entwicklung bei der Teleoperation im Vergleich zur Fahrzeugautomatisierung nochmal beschleunigt hat, ist Zeit kostbar: Je früher die Arbeitswissenschaft in- und on-the-loop geht, desto besser lassen sich Chancen und Risiken dieser Entwicklung sinnvoll balancieren.

7. Literatur

- Gasser T, Frey A: Abschlussbericht der Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“; bast Bundesanstalt für Straßenwesen; 2024 (in press)
- Baltzer MCA, López D, Flemisch F (2019) Towards an interaction pattern language for human machine cooperation and cooperative movement. *Cognition, Technology & Work*, 21(4), 593–606. <https://doi.org/10.1007/s10111-019-00561-8>
- Flemisch F, Abbink D, Itoh M, Pacaux-Lemoine MP, Wessel G (2019) Joining the blunt and the pointy end of the spear: towards a common framework of joint action, human–machine cooperation, cooperative guidance and control, shared, traded and supervisory control. *Cognition, Technology & Work*, 21(4), 1–14. <https://doi.org/10.1007/s10111-019-00576-1>
- Flemisch F, Baltzer M, Abbink D, Siebert L, Diggelen J, Draper M, Boardman M, Pacaux-Lemoine MP (2023) Towards a Dynamic Balance between Humans and AI-based Systems: System of system Perspective on Ability, Responsibility, Authority, Autonomy, Meaningful and Effective Control, and Accountability; *Handbook on Meaningful Human Control*; Ed. Siebert L, Abbink D, Edward Elgar Research Handbook.
- Flemisch F, Usai M, Herzberger ND, Baltzer M, Lopez D, Pacaux-Lemoine MP (2021) Human-Machine Patterns for System Design, Cooperation and Interaction in Socio-Cyber-Physical Systems: Introduction and General overview; *IEEE-SMC Int. Conference on Systems, Men and Cybernetics*.
- Johannsen G.: *Mensch-Maschine-Systeme*; Springer Textbook; 1993
- NTSB, National Transportation Safety Board (2019) Collision Between Car Operating with Partial Driving Automation and Truck-Tractor Semitrailer. <https://www.nts.gov/investigations/Pages/HWY19FH008.aspx>
- Rosa H: *Beschleunigung. Die Veränderung der Zeitstrukturen in der Moderne*; Suhrkamp; 2005
- Wiener N (1963) *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*. Düsseldorf: Econ.

Danksagung:

Die hier skizzierten Vorgehensweisen entstanden in fruchtbarer Diskussion mit den Mitgliedern der von der BASt koordinierten Arbeitsgruppe „Forschungsbedarf Teleoperation“. Wesentliche Erkenntnisse zur Absicherung sicherheitskritischer Systeme entstanden im DFG-Schwerpunktprogramm ColnCar (Cooperatively Interacting Vehicles), z. B. im Projekt „Systemergonomie an Systemgrenzen & Systemausfall“).



Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeitswissenschaft in-the-loop

**Mensch-Technologie-Integration
und ihre Auswirkung auf Mensch,
Arbeit und Arbeitsgestaltung**

70. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement IAT
Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für
Arbeitswirtschaft und Organisation IAO

06. – 08. März 2024

GfA-Press

Bericht zum 70. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 06. – 08. März 2024

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

In Zusammenarbeit mit: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Sankt Augustin: GfA-Press, 2024

ISBN 978-3-936804-34-8

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

© 2024 fröse multimedia, Frank Fröse,

office@internetkundenservice.de, www.internetkundenservice.de