

Was ist komplex an komplexen soziotechnischen Systemen?

Thomas MÜHLBRADT, Helga UNGER

*Hochschule für Oekonomie und Management,
Dennewartstraße 25-27, D-52068 Aachen*

Kurzfassung: Komplexe soziotechnische Systeme in der Arbeitswelt sind eine wissenschaftliche wie praktische Herausforderung. Ungeachtet der Popularität des Konzeptes in der Fachliteratur bleibt Komplexität ein schwer verständliches Konstrukt. Dieser Beitrag schlägt ein Begriffsverständnis im Rahmen soziotechnischer Systeme vor und diskutiert dessen Implikationen für die Aspekte Steuerung, Beobachtung und Intervention.

Schlüsselwörter: Soziotechnische Systeme, Komplexität, Resilienz

1. Komplexität als Herausforderung

Auf der GfA-Frühjahrskonferenz 2022 zeigte die Session „Aktuelle Ansätze zur Analyse komplexer soziotechnischer Systeme“ die Lebendigkeit und Vielfalt des soziotechnischen Systemansatzes in der Arbeitsforschung auf (Mühlbradt et al. 2022). Allerdings wurde dort der zentrale Begriff der „Komplexität“ selbst nicht explizit und eingehend reflektiert. Er ist jedoch nicht per se verständlich, wie Hollnagel (2012, S. 3) betont: „Complexity is ... not a well-defined concept.“

Ein fundiertes Verständnis des Begriffes ist unverzichtbar, beispielsweise im Hinblick auf Patientensicherheit in der Medizin (Woods & Cook, 2001; Braithwaite et al. 2017). Mühlbradt et al. (2023) zeigen die Problematik unscharfer Begrifflichkeit zur Komplexität auf und versuchen eine begriffliche Aufarbeitung. In Weiterführung dieser Arbeit wird im vorliegenden Beitrag eine Begriffsbestimmung für komplexe soziotechnische Systeme vorgelegt und diskutiert. Diese baut auf wesentlichen Vorarbeiten aus der experimentellen kognitiven Psychologie und der soziotechnischen Systemtheorie auf.

2. Ein Vorschlag zum Verständnis von Komplexität im Kontext soziotechnischer Systeme

In der Psychologie war es die Forschungsgruppe um Dörner (Dörner et al., 1983) welche den Umgang von Versuchspersonen mit Simulationen untersuchte, die intransparent und dynamisch waren und bei Eingriffen unerwartete Fern- und Nebenwirkungen zeigten. Im Mittelpunkt standen Erleben und Verhalten der Versuchspersonen angesichts der Aufgabe, die Simulationen zu verstehen und zu kontrollieren. Daraus entwickelte sich eine Sichtweise von Komplexität als das menschliche Erleben gradueller Abwesenheit von Transparenz, Erklärbarkeit und Vorhersagbarkeit in Entscheidungs- und Handlungssituationen. Diese Sichtweise findet sich nach wie vor auch in aktuellen Publikationen (z. B. Righi & Saurin 2015; St. Pierre & Hofinger 2020).

Essenziell ist dabei der Verweis auf Entscheidung und Handlung: Ohne ein anzustrebendes, wertvolles Ziel wird Komplexität nicht erlebt. Abwesenheit von Transparenz, Erklärbarkeit und Vorhersagbarkeit erschwert die Auswahl und Planung angemessener Handlungen, sodass die Zielerreichung bedroht ist. Das Erleben von Komplexität kann daher, je nach Grad der Abwesenheit und Bedeutung des Ziels, als Stress erlebt werden. Individuelle Unterschiede können das Erleben von Komplexität moderieren. Zum einen ist der positive Zusammenhang zwischen Intelligenz und problemlösenden Verhalten belegt (Leutner 2002). Zum anderen scheinen Persönlichkeitsmerkmale oder Verhaltensstile bei der Komplexitätsbewältigung eine bedeutende Rolle zu spielen (Dörner 1989; Tetlock & Gardner 2016).

Über Erkenntnisse aus dem Labor hinaus gibt es realweltliche Beispiele für Komplexität als explizit benannte Herausforderung. Beispielhaft sei das Gesundheitswesen, speziell die medizinische Versorgung in der Akut- und Notfallmedizin, genannt. Hier wird Komplexität in besonderer Weise als Risikofaktor in der Arbeitswelt gesehen (z. B. KBV 2017, S. 5; St. Pierre & Hofinger 2020, S.37; Sujan 2021, S. 103; Löber 2022, S. 221) und Woods & Cook (2001, S. 91) urteilen gar: „... the enemy of safety is ... complexity“.

In Ansätzen, die sich mit komplexen soziotechnischen Systemen beschäftigen und die sich damit der Systemtheorie zuordnen lassen, findet sich eine andere Interpretation von Komplexität. Im Mittelpunkt steht die Frage, wie sich Menschen in diesen Systemen verhalten, um Komplexität zu bewältigen (Schwaninger 2004; Braithwaite et al. 2017). Insbesondere interessiert eine Fähigkeit des Systems, die als Resilienz bezeichnet wird: Die Fähigkeit eines Systems, sich – vor, während und nach – Veränderungen und Störungen so anzupassen, dass es seine Ziele unter erwarteten sowie unerwarteten Bedingungen erreicht (Hollnagel 2010; Righi & Saurin 2015). Komplexität kann so verstanden werden als ein Zustand mit einer ständigen Vielzahl von Interaktionen, der Entstehung lokaler Regeln und des reichen, kollektiven Verhaltens mit dem Ziel der Resilienz des Systems.

Diese Sicht muss ergänzt werden um die Figur des Beobachters des Systems. Ein Beobachter ist eine Person (Gruppe, Institution), die selbst außerhalb des Systems steht, aber Gründe hat, dieses zu beobachten. Solche Beobachter können beispielsweise das Management, Berater, Wissenschaftler oder Aufsichtsbehörden sein. Der zielgerichtete Beobachter am System erlebt das auf Komplexitätsbewältigung angelegte Verhalten der Akteure im System seinerseits als komplex. Dieser Effekt wird verstärkt, wenn Wissen, Vorstellungen und Dokumente des Beobachters über das System nicht oder nur teilweise mit der Realität – der alltäglichen Praxis im System – übereinstimmen. Diese Differenz spricht Hollnagel (2015) mit dem Gegensatz von work-as-imagined (WAI) und work-as-done (WAD) an. Ein Beispiel für überforderte Beobachter gibt Siegel (2015, S. 15).

Beide Sichten auf Komplexität lassen sich, wie in Abbildung 1 gezeigt, kombinieren. Im soziotechnischen System erleben die Akteure im sozialen Teilsystem Komplexität und zeigen beim Streben nach Resilienz Verhalten, das seinerseits bei Beobachtern des Systems zum Erleben von Komplexität führt.

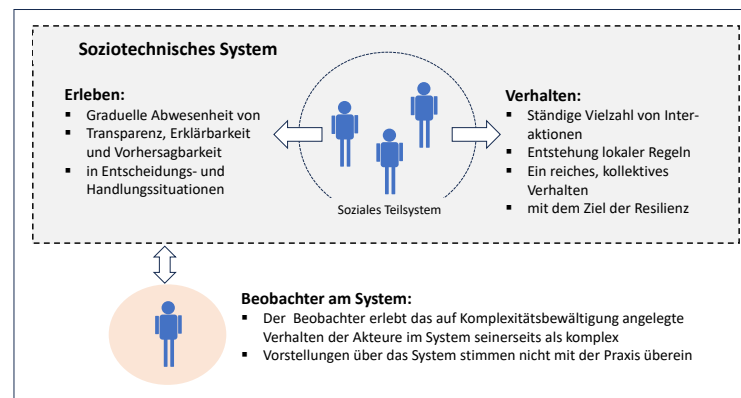


Abbildung 1: Komplexität im Kontext soziotechnischer Systeme

Komplexität ist keine Eigenschaft von Dingen, sondern stets ein relationales Phänomen. Diesem Verständnis von Komplexität zufolge kann Komplexität durch Automatisierung beseitigt werden: Fehlt das soziale Teilsystem, wird Komplexität nicht erlebt. Verwiesen sei an dieser Stelle allerdings auf die Frage, ob hier nicht lediglich eine Verschiebung von Komplexität stattfindet (Bainbridge 1983). Eine Ersetzung komplexer durch einfache Systeme, in denen dann Komplexitätsphänomene nicht auftreten, erscheint jedoch im großen Maßstab ausgeschlossen, wie Perrow (1984, S. 84) betont: „... we have complex systems because we don't know how to produce the output through linear systems.“

Aufbauend auf diesem Verständnis von Komplexität lassen sich drei Bereiche ausmachen, in denen Implikationen für die Entwicklung und Anwendung von Vorgehensweisen und Methoden zu erwarten sind. Diese Bereiche sind die Beobachtung und die Steuerung komplexer soziotechnischer Systeme sowie die Intervention in komplexe soziotechnische Systeme. Jeder der drei Bereiche wird nachfolgend kurz dargestellt und es werden Ansätze betrachtet, welche dezidiert auf die Anforderungen aus Komplexität ausgerichtet sind.

3. Implikationen

3.1 Steuerung

Die Steuerung umfasst das Leitbild für Führung und Entwicklung des Systems, die Ausrichtung des Handelns und die Korrektur von Abweichungen bei der Zielverfolgung. In komplexen soziotechnischen Systemen bietet sich Resilienz als Leitkonzept an. Das Konzept der systemischen Resilienz (Hollnagel 2018; WHO, 2021; Lutze et al. 2023) geht über das psychologische Verständnis von Resilienz (z. B. Schulte et al. 2021) hinaus. Bestrebungen zur Förderung von Resilienz werden unter dem Begriff „Resilience Engineering“ subsummiert und finden sich bislang vor allem für das Sicherheitsmanagement in Hochsicherheitsbranchen (Righi et al. 2015; Patriarca et al. 2020) sowie im Gesundheitssektor mit Blick auf Patientensicherheit (Fernandes et al. 2023). Dem steht derzeit eine noch unzureichende Rezeption des Resilience Engineerings im deutschsprachigen Raum entgegen (z. B. Kölbel & Erckrath 2023). Als vielversprechendes Instrument zur Beurteilung der Resilienz-

potenziale in einem System erscheint das Resilience Assessment Grid (RAG; Hollnagel 2010). Arbeiten zur Verbindung des RAG mit Konzepten der simulationsbasierten Teamentwicklung in der Medizin (Crew Resource Management) finden aktuell statt (Mühlbradt & Unger, im Druck).

3.2 Beobachtung

Ein zentraler Unterschied, so wurde oben gesagt, ist der Unterschied zwischen WAD und WAI. Beobachter gewinnen ihr Verständnis vom System entweder aus Vorstellungen und Dokumenten (Organigrammen, Stellenbeschreibungen, Standard Operating Procedures usw.) oder aus dem tatsächlichen Geschehen. Jede funktionierende Methode der Beobachtung ist, für den Fall komplexer soziotechnischer Systeme, zwangsläufig eine Methode unter aktiver Beteiligung der Akteure im System. Pilothafte Anwendungen qualitativer, beteiligungsorientierter Methoden der Beobachtung aus dem Resilience Engineering finden sich im deutschsprachigen Raum aktuell im Rahmen des F&E-Verbundforschungsprojektes GALA (Speer et al. 2023; Speer et al. 2024).

Externe (distanzierte) Analysen sind sehr wohl möglich, umfassen aber nur ausgewählte Ausschnitte aus dem System. Ein Beispiel dafür sind quantitative Messungen von Zeiten, Fehlern oder Ereignissen. Sie liefern kaum Kontextinformation und bedürfen der Interpretation. Solche Analysen können sinnvoll und wertvoll sein – sie liefern eben nur keine umfassende „Systemanalyse“. Diese würde nur bei nicht-komplexen Systemen zu ausreichenden und validen Informationen führen. Der Einsatz von, zur Vollanalyse ausreichend mächtiger, Expertenmethoden wäre bei komplexen Systemen bereits aus ökonomischen Gründen kaum tragfähig. Er würde aber auch theoretisch scheitern müssen, indem der so informierte Experte nun seinerseits von den Akteuren im System oder anderen Beobachtern kaum mehr verstanden würde.

3.3 Intervention

Interventionen sind Eingriffe in Systeme von außen. Sie dienen entweder zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Systems oder zur Korrektur von Schwächen oder Fehlentwicklungen. Ein Spezialfall der Intervention ist die Durchsetzung übergeordneter Standards und Normen. Eine „schöpferische Zerstörung“ (Schumpeter 1987) mag mitunter notwendig sein. Zerstörung macht ein vorheriges Verständnis des Systems überflüssig. Im Normalfall wird man die Zerstörung des Systems jedoch ausschließen wollen. Infolgedessen ist ein Verständnis des Systems erforderlich. Wie bereits ausgeführt, kann dieses mit klassischen distanzierten Analysen mit Experteninstrumenten praktisch wie theoretisch nicht geleistet werden. Hounsgaard (2016) stellt gescheiterte Interventionen in komplexe soziotechnische Systeme in der medizinischen Versorgung beispielhaft dar.

Ein Konzept der Intervention, welches auf die Bedingungen der Komplexität ausgerichtet ist, stellt die Idee der Lernförderlichkeit dar. Lernförderlichkeit bezeichnet das Vorhandensein von Bedingungen, die im Arbeitsalltag günstige Voraussetzungen für arbeitsintegriertes oder arbeitsnahes Lernen schaffen (Mühlbradt 2014; Häring et al. 2022). Lernförderlichkeit richtet das System nicht mehr auf bestimmte Inhalte aus, sondern auf die Steigerung des Lernpotentials, welches es befähigt, relevante Inhalte

selbst zu erkennen und zu verarbeiten. Die neue VDI/VDE-Richtlinie 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“ (Dworschak et al. 2021) weist dazu einen Weg.

4. Fazit

Die Akzeptanz der Realität komplexer soziotechnischer Systeme zwingt zur kritischen Reflexion von Paradigmen, Methoden und Praktiken bei der Steuerung, der Beobachtung und der Intervention, sollen die Potenziale dieser Systeme gewahrt und entwickelt werden. Ausgehend von den speziellen Herausforderungen in Hochrisikobereichen sind auch Anwendungen von Methoden des Resilience Engineerings auf komplexe soziotechnische Systeme jenseits der Sicherheitsthematik, beispielsweise mit Blick auf Modellierung und Management von Prozessen oder das Qualitätsmanagement, vorstellbar.

5. Literatur

- Bainbridge L (1983). Ironies of Automation. *Automatica*, 19(6), 775–779.
- Braithwaite J, Churruarín K, Ellis LA, Long J, Clay-Williams R, Damen N, Herkes J, Pomare C, Ludlow K (2017). Complexity Science in Healthcare. Aspirations, Approaches, Application and Accomplishments. A White Paper. Australian Institute of Health Innovation, Macquarie University, Sydney, Australia.
- Dörner D (1989). Die Logik des Mißlingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. Reinbek: Rowohlt.
- Dörner D, Kreuzig HW, Reither F, Stäudel T (1983). Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Huber, Bern.
- Dworschak B, Altepöstl A, Bau M, Berger C, Brandt P, Gerst D, ... Senderek R (2021). Die VDI/VDE-Richtlinie 7100 „Lernförderliche Arbeitsgestaltung“: Ein Beitrag zum humanorientierten Management der Digitalen Transformation. In Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft 2021, Bochum Arbeit HUMAINE gestalten.
- Fernandes J, Arezes PM, Rodrigues MA (2023). Resilience Engineering in Healthcare: A Systematic Literature Review. In: Arezes PM, Baptista JS, Melo RB, Branco JC, Carneiro P, Colim A, ... Perestrelo G (Eds.), *Occupational and Environmental Safety and Health IV* (pp. 661–676). Cham: Springer.
- Häring K, Gartzke T, Gartzke-Wiegand U, Lehnen AG, Moser M, Mühlbradt T, ... Wilhelm J (2022). Selbstorganisationskompetenzen für die Arbeitswelt 4.0. In: Nitsch V, Brandl C, Häußling R, Lemm J, Gries T, Schmenk B (Hrsg.). *Digitalisierung der Arbeitswelt im Mittelstand*, Band 1, S. 193–227. Berlin: Springer Vieweg.
- Hollnagel E (2010). How Resilient Is Your Organisation? In *Sustainable Transformation: Building a Resilient Organization*. Toronto, Canada. hal-00613986, Version 1.
- Hollnagel E (2012). FRAM: the Functional Resonance Analysis Method. Farnham, UK: Ashgate.
- Hollnagel E (2015). Why is work-as-imagined different from work-as-done? In: Wears R, Hollnagel E & Braithwaite J (Eds.). *Resilient Health Care, Volume 2: The Resilience of Everyday Clinical Work*. London: Routledge, pp. 249–264.
- Hollnagel E (2018). *Safety-II in Practice: Developing the Resilience Potentials*. New York: Routledge.
- Houngaard J (2016). *Patient Safety in Everyday Work: Learning from things that go right*. Syddansk Universitet.
- KBV Kassenärztliche Bundesvereinigung (2017). *Physician Assistant – Ein neuer Beruf im deutschen Gesundheitswesen*. Berlin.
- Köbel A & Erckrath M (2023). Resilienz: Zur Einordnung eines allgegenwärtigen Begriffs. In: Wittpahl, H (Hrsg.) *iiT-Themenband – Resilienz*. Berlin: Springer Vieweg. S. 11–24.
- Leutner D (2002). The fuzzy relationship of intelligence and problem solving in computer simulations. *Computers in Human Behavior*, 18(6), 685–697.

- Löber N (2022). Fehlerformen und ihre Entstehung. In: Gausmann P, Henninger M, Koppenberg J (Eds.). Patientensicherheitsmanagement. 2. Auflage. de Gruyter, Berlin, S. 219–225.
- Lutze M, Schmietow B & Müller M (2023). Auf dem Weg zu resilienten Pflegesettings: Soziotechnische Faktoren digitaler Transformationsprozesse. In: Wittpahl H (Hrsg.) iit-Themenband – Resilienz. Berlin: Springer Vieweg. S. 47–66.
- Mühlbradt T (2014). Was macht Arbeit lernförderlich? – Eine Bestandsaufnahme. Deutsche MTM-Vereinigung e. V. (Hrsg.): MTM-Schriften Industrial Engineering, Ausgabe 1, Berlin.
- Mühlbradt T, Shajek A & Hartmann EA (2022). Methoden der Analyse und Gestaltung komplexer soziotechnischer Systeme – Trends in der Forschung. Tagungsband der 68. Frühjahrskonferenz der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, 2.-4.3.2022, Magdeburg.
- Mühlbradt T, Speer T & Schröder S (2023). Komplexität im Gesundheitswesen: Phänomen, Ursachen und Strategien. In: Frenz M, Mühlbradt T, Boos W (Hrsg.). Arbeiten und lernen in der Gesundheitsregion Aachen. Reihe FIR-Edition Forschung; Bd. 27, S. 67–88.
- Mühlbradt T & Unger H (im Druck). Resilienzorientiertes Führen im Gesundheitswesen. In: Fichtner-Rosada S, Heupel T, Hohoff C & Heuwing-Eckerland J (Hrsg.). European Year of Skills 2023 – Kompetenzen für die Zukunft. Berlin: Springer.
- Patriarca R, Di Gravio G, Woltjer R, Costantino F, Praetorius G, Ferreira P & Hollnagel E (2020). Framing the FRAM: A literature review on the functional resonance analysis method. *Safety Science*, 129 (April).
- Perrow C (1984). *Normal Accidents: Living with High Risk Technologies*. New York: Basic Books.
- Righi AW & Saurin TA (2015). Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines. *Applied Ergonomics*, 50 (September 2015), 19–30.
- Righi AW, Saurin TA & Wachs P (2015). A systematic literature review of resilience engineering: Research areas and a research agenda proposal. *Reliability Engineering and System Safety*, 141 (March), 142–152.
- Schulte E-M, Gessnitze S & Kauffeld S (2021). FITOR Fragebogen zur individuellen, Team- und organisationalen Resilienz. Berlin: Springer.
- Schumpeter J (1987). *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. 7. Auflage. Berlin: Duncker & Humblot.
- Siegel K (2015). Von SvZ über GMA zu HWD: Weiterentwickeln und Verbreiten des MTM-Gedankens und der Methoden. In: Kuhlmann P (Hrsg.): *Engineering lernförderlicher Industrieller Arbeitssysteme*. Ergonomie Verlag, S. 15–22.
- Speer T, Mühlbradt T, Fastner C & Schröder S. (2023). Safety II: ein systemischer Ansatz für ein effektives klinisches Risikomanagement. *Anaesthesiologie*, 72, 48–56.
- Speer T, Mühlbradt T, Unger H, Fastner C & Schröder S (2024). Komplexe Prozesse besser verstehen – Eine alltagsbezogene Fallstudie zur Erhöhung der Patientensicherheit und Effektivität in einem Zentral-OP. *Anaesthesiologie*, (Manuskript im Review).
- St. Pierre M & Hofinger G (2020). *Human Factors und Patientensicherheit in der Akutmedizin* (4. Auflage). Berlin: Springer.
- Sujan M (2021). Muddling Through in the Intensive Care Unit. In Braithwaite J, Hollnagel E & Wears RL (Eds.), *Resilient Health Care Volume 6* (pp. 101–106). Boca Raton: CRC Press.
- Tetlock P & Gardner D (2016). *Superforecasting: The Art and Science of Prediction*. London: Random House Books.
- Schwaninger M (2004). *Systemtheorie*. Institut für Betriebswirtschaft der Universität St. Gallen, Schweiz.
- WHO World Health Organization (2021). *Global Patient Safety Action Plan 2021–2030*. Geneva, Switzerland.
- Woods DD & Cook R (2001). From Counting Failures to Anticipating Risks: Possible Futures for Patient Safety. In: Zipperer L & Cushman S (Eds.), *Lessons in patient safety. A primer* (pp. 89–97). Chicago: National Patient Safety Foundation.

Danksagung: Diese Publikation ist Teil des Forschungs- und Entwicklungsprojektes „Gesundheitsregion Aachen: Innovativ Lernen und Arbeiten – GALA“, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) in den Programmen „Zukunft der Wertschöpfung – Forschung zu Produktion, Dienstleistung und Arbeit“ und „Innovation & Strukturwandel“ und betreut durch den Projektträger Karlsruhe (PTKA). Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



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