

Nutzerzentrierte Entwicklung eines Interaktionskonzeptes für die berührungslose Bedienung eines Fingerabdruckscanners

Anne GOY, Angelika C. BULLINGER

*Professur Arbeitswissenschaft und Innovationsmanagement
Technische Universität Chemnitz
Erfenschlager Straße 73, D-09125 Chemnitz*

Kurzfassung: Der Beitrag beschreibt die nutzerzentrierte Gestaltung eines berührungslosen Fingerabdruckscanners zur Sicherstellung der Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz. Die wichtigste Anforderung stellt dabei eine irritationsfreie, schnelle, intuitive und damit effiziente Bedienung dar. Um die Nutzerfreundlichkeit des Interaktionskonzeptes sicherzustellen, erfolgte eine iterative Entwicklung unter Anwendung von Methoden und Vorgehensweisen des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses. In drei Nutzerstudien mit insgesamt 87 Probanden im Real- und Laborsetting konnte aufgezeigt werden, welche Gestaltungselemente der Gehäuseform und des User Interfaces zu einer deutlichen Verbesserung des Konzeptverständnisses, der Intuitivität und Interaktionsperformanz führten.

Schlüsselwörter: Fingerabdruck, scannen, berührungslos, nutzerzentrierter Entwicklungsprozess, Usability, Nutzerstudien

1. Hintergrund

Die Aufnahme biometrischer Fingerabdrücke ist aktuell die am weitesten verbreitete und eine der sichersten Formen der Identitätserfassung. Im Rahmen der gestiegenen globalen Mobilität ergeben sich neue Anforderungen an eine nutzerfreundliche und hygienische Erfassung an Flughäfen, Einwohnermeldeämtern oder im mobilen Einsatz. Besonders vor dem Hintergrund der COVID-19-Pandemie bietet die berührungslose Durchführung biometrischer Identifizierungs- und Authentifizierungsaufgaben ein großes Potential, um die Hygienestandards als auch die Sicherheit zu erhöhen.

Jedoch stellt die nutzergerechte Gestaltung und damit die Sicherstellung der Benutzerfreundlichkeit und Akzeptanz von Fingerabdruckscannern Entwickler vor große Herausforderungen. Die Rahmenbedingungen des Einreiseprozesses bedürfen eines einfachen und ohne Vorwissen möglichen Bedienvorgangs, welcher hinsichtlich der Nutzerführung in Bezug auf Symbolik und Text kulturübergreifend gestaltet ist (Theofanos et al. 2009; Choong et al. 2010). Die Vielfältigkeit der Benutzergruppen in Bezug auf Vorerfahrungen und/oder kulturellen Hintergrunds erfordert damit eine weitreichende Integration der Nutzer in die Entwicklung von biometrischen Systemen, was in der Vergangenheit meist nur selten erfolgt ist. Der Fokus der Überprüfung lag bisher vorrangig auf der Funktionsfähigkeit der Soft- und Hardware (Theofanos et al. 2009; Howard et al. 2018). Dies führte dazu, dass es bei der Nutzung von elektronischen Fingerabdruckscannern immer wieder zu Fehlbedienungen kommt. So kam 2016 eine großangelegte Studie (N = 1500) in einem realitätsnahen Flughafensetting zum Schluss, dass alle getesteten Fingerabdruckscanner deutliche Probleme bezüglich der Gebrauchstauglichkeit aufwiesen (Sirotin 2016; Vemury

2016). Besonders kontaktlose 3D-Scanner wiesen eine deutlich höhere Fehlerquote und eine geringere Zufriedenheit der Nutzer auf. Ursächlich dabei war eine nicht intuitive Nutzerführung, insbesondere bezogen auf die korrekte Ausführungsgeschwindigkeit, wie die Finger über den Scanner gezogen werden müssen sowie die richtige Startzeit (Sirotin 2016).

Damit die Bedürfnisse der Nutzer ausreichend Berücksichtigung finden, muss eine enge Verzahnung zwischen der technischen Entwicklung und dem sogenannten nutzerzentrierten Produktentwicklungsprozess (DIN EN ISO 9241-210) erfolgen. So zeigten Schubert et al. (2016) in einer iterativen Produktentwicklung mit 101 Probanden aus unterschiedlichen Kulturkreisen, dass die Anwendung der nutzerzentrierten Entwicklung und damit eine frühzeitige Berücksichtigung der späteren Nutzer und ihren individuellen Bedürfnissen und Fähigkeiten die Usability von Fingerabdruckscannern deutlich verbessern kann.

2. Durchführung des nutzerzentrierten Gestaltungsprozesses

2.1 Systemgestaltung und 1. Nutzerstudie

Vor diesem Hintergrund wurden zunächst entsprechend dem Vorgehen des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses der DIN 9241-210 alle relevanten Nutzungskontextinformationen und Benutzungsanforderungen erhoben und in einem Workshop mittels Design Thinking die Anwendungsszenarien Kiosk (z.B. Ticketschalter) und Gate (z.B. Ausweiskontrolle) spezifiziert. Die Analyse des Nutzungskontextes erfolgte in Expertenworkshops und resultiert in verschiedenen Systemanforderungen an das Gesamtkonzept als auch die Gestaltung des Interaktionskonzeptes, z.B. hinsichtlich anthropometrischer Variablen, physischer und sozialer Umweltfaktoren sowie demografischer Einflussfaktoren. Dabei wurden mittels strukturierter Literaturrecherche relevante Normen und Standards identifiziert und in der Gestaltung der ersten Mockups berücksichtigt.

Darüber hinaus wurden die Bewertungskriterien für die folgenden Nutzerstudien beschrieben. Dabei sollte der Fokus objektiv auf einer berührungslosen Bedienung sowie einem in der Interaktion sich widerspiegelnden Konzeptverständnis liegen. Subjektiv stellte die Intuitivität ein wichtiges Kriterium dar. Außerdem war die Handpositionierung im Scanbereich von Bedeutung. Es handelte es sich bei den im Beitrag dargestellten Nutzerstudien um Konzeptaufbauten ohne integriertes optisches System. Die Studien fokussierten folglich die Formsprache, das Interaktionskonzept und die Nutzerführung und evaluierten kein funktionierendes Gesamtsystem.

Basierend auf den erhobenen Anforderungen entstanden in zwei Produkt-Workshops mit Design-Partnern sechs verschiedene Gestaltungsvarianten als Grundlage für die weitere, iterative Entwicklung (Abbildung 1). Dabei wurde der Fokus auf die Formsprache des Systemaufbaus gelegt. Verschiedene geometrische Grundformen wurden in einer ersten Nutzerstudie in einem Within-subject Design gegenübergestellt und bezüglich ihrer Berührungsanfälligkeit, des Konzeptverständnisses und der Intuitivität überprüft.

Für einen Feldversuch wurden in einer Einkaufspassage 31 potenzielle Nutzer rekrutiert. Die Stichprobe bildeten 12 weibliche und 19 männliche Probanden mit einem Altersrange von 21 bis 79 Jahren (\bar{x} 41 Jahre) sowie eines Körpergrößenrange von 155 bis 190cm. 16 Probanden hatte Erfahrungen mit der Abgabe von Fingerabdrücken. In den erhobenen subjektiven (z.B. Bewertung der Intuitivität mittels

INTUI-Fragebogen, Rangfolge) und objektiven Daten (z.B. Beobachtungskriterien hinsichtlich der Berührungsanfälligkeit und der Handpositionierung) zeigten sich zum Teil divergierende Ergebnisse. Folglich konnte keine eindeutige Vorzugsvariante ermittelt, allerdings einzelne Elemente für die weitere Konzeptentwicklung abgeleitet werden. Dabei konnte gezeigt werden, dass die konkaven Formen der „Schalen“-Konzepte weniger berührungsanfällig waren und ein gutes Konzeptverständnis vorlag. Das „Rahmen“-Konzept vereinte eine Berührungsvermeidung und eine positive subjektive Bewertung durch die Probanden. Runde Formen, wie bei dem „Säulen“- und „Kugel“-Modell, erwiesen sich hingegen als stark berührungsanfällig.

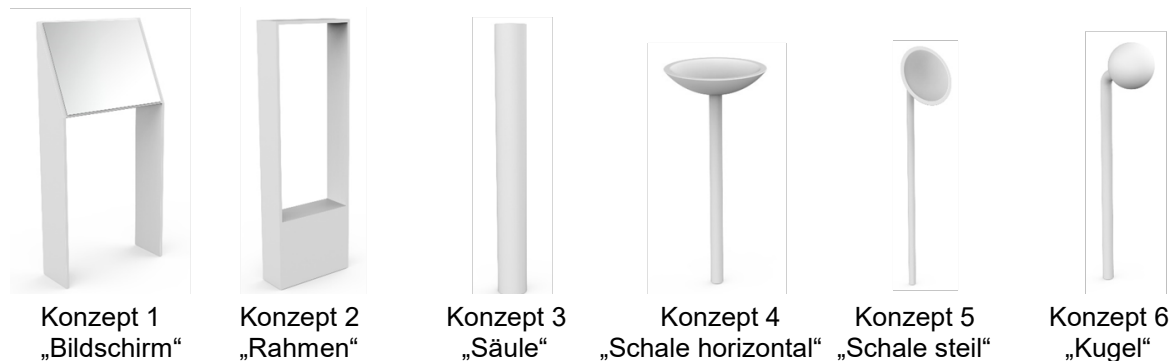


Abbildung 1: 3D-Modelle der ersten Gestaltungsvarianten

2.2 ReDesign und 2. Nutzerstudie

Auf der Grundlage der Ergebnisse der ersten Nutzerstudie konnten in einem weiteren ReDesign-Konzept-Workshop mit Designern und technologischen Partnern zwei Gestaltungsvarianten expliziert werden. Diese wurden mit Hilfe der aus dem ersten Versuch abgeleiteten Gestaltungsempfehlungen und unter Berücksichtigung der neuen optisch-technologischen Erkenntnisse iterativ weiterentwickelt. Auch wenn zum Versuchszeitpunkt kein optisches System verbaut wurde, wurden die Erkenntnisse der parallel erfolgten technischen Entwicklung für den Systemaufbau berücksichtigt. Es wurden die positiven Gestaltungselemente kombiniert, indem unter anderem der Freiraum des Rahmens mit der konkaven Form der Schalen begrenzt wurde. Eine intuitive Höhenorientierung wurde den potentiellen Nutzern zum einen durch die Ausrichtung der Ellipsen und zum anderen an der Mittelachse durch beidseitige Begrenzung gegeben (Abbildung 2).

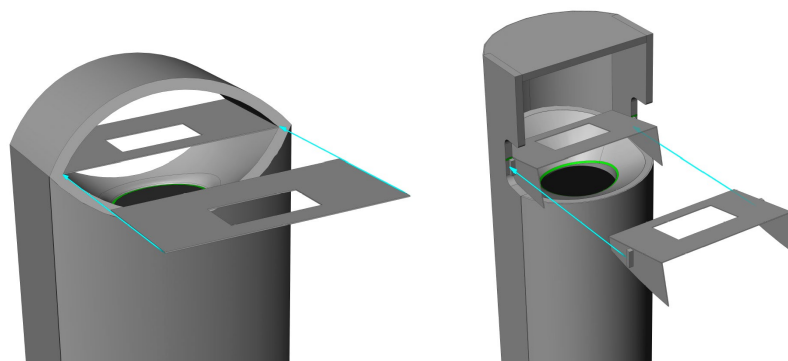


Abbildung 2: 3D-Modelle der Gestaltungsvarianten, links: „Auge“, rechts: „Turm“ (Der grüne Kreis symbolisiert den Bereich der versenkten Optik zur Aufnahme der Fingerabdrücke. Türkis symbolisiert die Hinweisreize zur Höhenorientierung des Aufnahmefeldes.)

Die weiterentwickelten Gestaltungsvarianten stellten den Ausgangspunkt für die zweite Feldstudie mit 30 Nutzern dar. Die Versuchsteilnehmer wurden erneut in einer Einkaufspassage rekrutiert. Die Stichprobe setzte sich aus 16 weiblichen und 14 männlichen Probanden mit einem Altersrange von 19 bis 72 Jahren (\bar{x} 33 Jahre) sowie eines Körpergrößenrange von 158 bis 196cm zusammen. 20 Probanden hatten Erfahrungen mit der Abgabe von Fingerabdrücken. In einem Within-subject Design wurde sowohl die intuitive Bedienung ohne Informationen über die berührungslose Funktionsweise als auch die Interaktion mit vorangegangenen Vorzeigen der berührungslosen Scanfunktion durch den Versuchsleiter beobachtet und hinsichtlich verschiedener objektiver (z.B. Berührungsanfälligkeit, Konzeptverständnis, Raumpositionierung) und subjektiver Kriterien (z.B. spontane Assoziation, Thinking aloud, standardisierte, qualitative und vergleichende Bewertung) bewertet.

Die Datenanalyse ließ kein Vorzugskonzept ermitteln. Die umgesetzten Formmerkmale waren bei beiden Gestaltungsvarianten nicht ausreichend, um eine berührungslose Interaktion im Bereich der Zielgröße von mindestens 80% der Probanden zu erreichen. In Bezug auf die Handpositionierung im Scanbereich zeigte sich für beide Konzepte, dass die dargebotenen Höhenreize nicht ausreichend waren und einer salienteren Ausprägung bedürfen. Die Probanden senkten die Hand zu weit nach unten in den Bereich der später verbauten Optik. 75% der Probanden berührten die Konzeptaufbauten außerhalb des optischen Bereichs (sekundär), was die Notwendigkeit von weiteren Konzeptanpassungen aufzeigte. Im Vergleich der Konzepte zeigte sich eine deutlich positive, subjektive Bewertung der Offenheit beim „Turm“-Konzept. Aus objektiven Gesichtspunkten wies die geringere Bauraumgröße des „Auges“ eine größere Trefferwahrscheinlichkeit im Aufnahmebereich des zukünftig verbauten optischen Systems auf. Unabdingbar erwies sich außerdem eine Nutzerführung und Feedbackgestaltung, welche neben der Konzeptweiterentwicklung basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen der zweiten Nutzerstudie Schwerpunkte der Konzeptanpassung darstellten.

2.3 Demonstratoraufbau

Ziel der abschließenden Iterationsschleife war die Reduzierung auf einen Konzeptaufbau mit verschiedenen Nutzerführungen. In drei iterativen ReDesign-Workshops mit Designern und technologischen Partnern sowie Zwischentests mit je drei Probanden entstand ein Konzeptaufbau, welcher zum einen durch Offenheit gekennzeichnet war. Dieses Merkmal wurde in den vorangegangenen Studien von den Nutzern als sehr positiv bewertet. Zum anderen wurde der Bauraum im Aufnahmebereich räumlich begrenzt, um die Trefferwahrscheinlichkeit im Aufnahmebereich zu erhöhen. Außerdem wurden saliente Höhenreize, unter anderem durch ein LED-Band, gesetzt, was eine Berührung im Bereich der später verbauten Optik vorbeugen sollte (Abbildung 3).



Abbildung 3: Konzeptaufbau für Demonstrator, rechts: Fehlerfeedback „zu tief“
(Bildquelle: ART-KON-TOR)

Darüber hinaus wurden iterativ drei optischen Nutzerführungen gestaltet. Dabei wurden zwei animierte Interaktionsabläufe mit unterschiedlichem Informationsgehalt gegenübergestellt. Abbildung 3 zeigt auf dem rechten Bild die schlankere Animation mit einer perspektivischen Darstellung der Handführung (Variante A). Die Mehrinformation der zweiten Gestaltungsvariante bildete eine ergänzende Handansicht aus der Vogelperspektive (Variante B). Darüber hinaus wurde eine Variante mit einer Live-Darstellung der Hand in Echtzeit präsentiert (Variante C). Außerdem wurden für die kritischsten Fehlbedienungen Feedbackanimationen entsprechend ihrer technischen Relevanz entwickelt. Die Variation der Nutzerführung, die Verständlichkeit der Feedbackgestaltung und der entsprechend der eruierten Erkenntnisse angepasste Gesamtkonzeptaufbau des Demonstrators wurden in einer abschließenden dritten Nutzerstudie evaluiert.

3. Evaluationsstudie

Die dritte Nutzerstudie wurde zunächst mit 40 Anwendern des Fingerscanners in einem Feldsetting geplant. Aufgrund der COVID-Beschränkungen erfolgte die Erhebung im Labor und wurde nach 26 Probanden vorzeitig beendet. Die Stichprobe setzte sich aus 19 weiblichen und 7 männlichen Probanden mit einem Altersrange von 20 bis 75 Jahren (\bar{x} 29 Jahre) sowie eines Körpergrößenrange von 155 bis 189cm zusammen. 21 Probanden hatte Erfahrungen mit der Abgabe von Fingerabdrücken.

In dem Wizard-of-Oz-Versuch steuerte der Versuchsleiter entsprechend der Interaktion des Probanden den weiteren Versuchsablauf. In einem Within-subject Design wurde der Demonstrator entsprechend der drei Nutzerführungen, welche randomisiert dargeboten wurden, von den Probanden bedient und bewertet. Darüber hinaus wurde überprüft, ob das Fehlerfeedback verständlich ist und die darauffolgende initiierte Reaktion beim Nutzer verursachte. Hinsichtlich der objektiven Kriterien wurden die Berührungsanfälligkeit, sekundäre Berührungspunkte am Aufbau, das Konzept- bzw. Bedienvständnis sowie Handhaltung und -positionierung durch den Versuchsleiter als auch aus vier Kameraperspektiven beobachtet und aufgezeichnet. Darüber hinaus wurden die Probanden zum Thinking aloud angehalten und gaben eine standardisierte, qualitative und vergleichende Bewertung zu den Varianten ab. Abschließend erfolgte eine subjektive Bewertung des Gesamtaufbaus mittels standardisierter und qualitativer Befragung.

Die Videosichtung und -kodierung sowie Dateneingabe und -bereinigung erfolgte durch zwei Rater mit einer mittleren Beobachterübereinstimmung von $\kappa = 0.82$. Für alle Varianten der Nutzerführung zeigte sich ein vorhandenes Konzeptverständnis und eine gute bis sehr gute Interaktionsperformanz. 73% der Probanden interagierten berührungslos. Damit wurde die angestrebte Zielgröße von 80% der Probanden verfehlt. Des Weiteren wurde die Intuitivität als sehr hoch eingeschätzt. Das zeigte sich auch objektiv in den Beobachtungsdaten für die Lokalisation der Hände. Geringe Unsicherheiten zu Beginn aufgrund der sich wiederholenden Animation veranlasste 19% der Probanden zu einer dynamischen Bewegung. Sekundäre Berührung am Systemaufbau stellten eine Ausnahme dar. Des Weiteren erwies sich das Fehlerfeedback als verständlich. Alle Probanden reagierten erwartungskonform auf die Animationen.

Hinsichtlich der vergleichenden Analyse ließ sich kein eindeutiger Vorzug zwischen den beiden animierten Varianten der Nutzerführung eruieren. Es zeigte sich in der individuellen Bewertung, dass die Variante A (geringerer Informationsgehalt) als einfacher, schlanker und eindeutiger empfunden wurde. Da die Live-Variante

technisch fehleranfällig war, fand dieser Vergleich nachgelagert statt. Diese Variante wurde von den Probanden als sehr positiv bewertet durch die Rückmeldung in Echtzeit, ihre Neuartigkeit und Intuitivität.

4. Diskussion und Fazit

Die Ergebnisse zeigten für alle Varianten der Nutzerführung sowohl in den objektiven als auch subjektiven Outcomes eine deutliche Verbesserung des Konzeptverständnisses, der Intuitivität und der Interaktionsperformanz im Vergleich zu den vorangegangenen Erhebungen ohne Dialogsystem. Folglich sind sie trotz des Nichterreichens der Zielgröße als sehr vielversprechend einzuschätzen. Die gewonnenen Erkenntnisse flossen abschließend in ein Re-Design. So wurde die Startanimation entsprechen der Unsicherheiten zu Beginn bezüglich einer dynamischen Bewegung hin zu einer statischen Animation angepasst. Des Weiteren wurde sich auf die subjektiv positiver bewertete Gestaltungsvariante der Nutzerführung mit dem geringeren Informationsgehalt konzentriert, da die Mehrinformation der gegenübergestellten Variante keinen Zugewinn zur Performanz bedeutet hatte. Die bevorzugte Live-Variante konnte aufgrund der technischen Instabilität nur bedingt berücksichtigt werden. Für einen perspektivischen Einsatz ist eine stabilere Funktionalität von Nöten.

Mit dem Beitrag konnte aufgezeigt werden, dass ein iteratives Vorgehen unter Anwendung von Methoden des nutzerzentrierten Entwicklungsprozesses und damit eine frühzeitige Berücksichtigung der späteren Nutzer und ihren individuellen Bedürfnissen und Fähigkeiten maßgeblich zur Verbesserung technischer Systeme und der Sicherstellung von Benutzerfreundlichkeit und Nutzerakzeptanz beiträgt.

5. Literatur

- Choong Y-Y, Stanton B C, Theofanos M F (2010) Biometric Symbol Design for the Public - Case Studies in the United States and Four Asian Countries. In Proc. 3rd Int. Conf. Appl. Human Factors Ergonom., 2010.
- Howard J J, Blanchard A J, Sirotin Y B, Hasselgren J A, Vemury A R (2018) An Investigation of High-Throughput Biometric Systems: Results of the 2018 Department of Homeland Security Biometric Technology Rally. 2018 IEEE 9th International Conference on Biometrics Theory, Applications and Systems (BTAS). Published. <https://doi.org/10.1109/btas.2018.8698547>.
- Schubert D, Seeling T, Dittrich F, Wolfer R (2016) Investigations on reducing the failure-to-enrol rate for fingerprint scanners by means of user-centered interaction design. Evaluation and Performance of Biometric Technologies, Tagungsband International Biometric Performance Testing Conference (IPBC). 03.05.2016 - 06.05.2016, Gaithersburg, Maryland (USA).
- Sirotin Y B (2016) Usability and user perceptions of self-service biometric technologies. International Bio-metric Performance Conference, Mai 2016.
- Theofanos M F, Micheals R J, Stanton B C (2009) Biometrics Systems Include Users. IEEE Systems Journal, Vol. 3 (4), 461 – 469.
- Vemury A (2016) Biometric Concepts of Operation in the Airport Environment. Homeland Security. International Biometric Performance Conference, Mai 2016.

Danksagung: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „3D4F-UCD – Nutzerzentrierte Entwicklung eines Interaktionskonzeptes für die berührungslose Interaktion“ wurde im Rahmen des Programms „Zwanzig20“ (FKZ: 03ZZ0447F) der Allianz 3Dsensation vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Projektträger Jülich (PtJ) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

GfA-Press

Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022
ISBN 978-3-936804-31-7

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

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de