

Arbeitssysteme interdisziplinär analysieren, bewerten und gestalten am Beispiel der automatisierten Fahrzeugführung

Frank FLEMISCH^{1,2}, Ronald MEYER¹, Marcel BALTZER², Shadan SADEGHIAN²

¹ *Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen, Bergdriesch 2, D-52062 Aachen*

² *Fraunhofer FKIE, Zanderstraße 5, D-53177 Bonn*

Kurzfassung: Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeit kann durch eine systemische, interdisziplinäre Vorgehensweise ausgehend von der Systemtheorie, Systems-Engineering und Human Systems Integration deutlich verbessert werden. Der Beitrag schildert in einem Wechselspiel aus Theorie und Beispielen aus der Praxis, vor allem am Beispiel des automatisierten Fahrens, das Potential des systemischen Ansatzes, zeigt aber auch Defizite und Weiterentwicklungsmöglichkeiten auf.

Schlüsselwörter: Arbeitssystem, Fahrzeugführung, Human System Integration, Interdisziplinäre Teams, Arbeitssystemwissenschaft, Automation

1. Einführung: Erfolgreiche Arbeitssysteme durch Interdisziplinarität, oder durch Systemdenken und –Engineering?

Allgemein betrachtet sind Analyse, Bewertung und Gestaltung von Arbeit Kardinalaufgaben der Arbeitswissenschaft. Interdisziplinarität wird hier verstanden als ein zielgerichtetes Zusammenwirken verschiedener Einzelwissenschaften an einem Untersuchungs- und Gestaltungsgegenstand bzw. System. Dies wird umso wichtiger, als die Entwicklung hin zu digitalisierten und hochautomatisierten Arbeitssystemen z.B. in der Produktion, im Verkehr oder in der Verteidigung eine Reihe von neuen Herausforderungen mit sich bringt, die nur teilweise technischer Natur sind. Weitere Fragestellungen sind arbeitswissenschaftlicher, rechtlicher und wirtschaftlicher Natur, um nur einige zu nennen. Für die rein technische Fragestellung hat sich das Systems Engineering als Vorgehensmodell etabliert (z.B. Haberfellner et al. 1992ff). Für die Interdisziplinarität hat sich ein längerer Diskurs entfaltet, der jedoch noch nicht zu jeder passenden Fragestellungen Anwendung findet. Insbesondere das gemeinsame, disziplinenübergreifende Verständnis des Zielgegenstandes bzw. Zielsystems scheint eine größere Herausforderung zu sein (z.B. Jungert et al. 2013). Stark vereinfacht stellt sich die Frage, ob wir erfolgreiche Arbeitssysteme tatsächlich durch Interdisziplinarität, oder vor allem durch Systemdenken und –Engineering erreichen können?

Ein **Beispiel** für diese Herausforderung ist die **Automatisierung** im Bereich der Kraftfahrzeuge. Für einige Jahrzehnte lag der Fokus vor allem auf der Entwicklung der autonomen Funktionen und Fähigkeiten. Ausgehend von der Luftfahrt greift immer mehr die Erkenntnis um sich, dass Automation eine vielschichtige Fragestellung ist, die nur unter gleichzeitiger Berücksichtigung technischer und nicht-technischer Aspekte eine Chance auf Erfolg hat (z.B. Billings 1997). Während ein Teil der Forschungs- und Entwicklungsgemeinschaft das sog. Autonome Fahren unter weitgehender Herausnahme des Menschen aus dem Regelkreis propagiert, entwickelt ein

anderer Teil das teil- und hochautomatisierte Fahren, das dem Menschen immer noch eine aktive Rolle in wechselnden Automationsgraden gibt. Ein wesentliches Paradigma ist dabei das der Kooperation, z.B. zwischen Fahrer und Fahrzeug (z.B. Flemisch et al. 2016), aber auch zwischen den Fahrzeugen untereinander und ihren Fahrern (z.B. Stiller et al. 2018). Die Kooperation innerhalb des Verkehrssystems muss sich zwangsläufig in eine Kooperation innerhalb der beteiligten Entwicklungsteams und weiteren Stakeholdern, um Unfälle wie z.B. Tesla 2016 zu vermeiden (NTSB 2016).

2. Analyse des Arbeitssystems, seiner Um-Systeme und des Metasystems

Allgemeiner Ausgangspunkt einer Analyse sollte die Analyse des Arbeitssystems und seiner Um-Systeme sein. Analyse kommt aus dem Griechischen „analysis“ und bedeutet Auflösung, Zergliederung, Untersuchung (Duden, 2001). Ziel einer Analyse ist es, ein Modell zu einem Gegenstand oder Sachverhalt zu entwickeln, wobei dieser zunächst in seine einzelnen Komponenten, d.h. Elementen, Beziehungen sowie der Systemgrenzen zu untergliedern ist. Ein wesentlicher Denkschritt besteht darin, nicht nur das Zielsystem zu adressieren, sondern auch einen Schritt zurück zu treten und sich selbst im Meta-System zu betrachten, in dem verschiedene Akteure, Disziplinen und Organisationen das Ziel-Arbeitssystem beeinflussen. Die Arbeitswissenschaft selbst kann hier Teil eines Metasystems sein, und kann selbst als System verstanden werden, das sich gemäß (Luhmann 1987) durch gemeinsame Kommunikation ausdrückt und versucht, sich selbst zu erhalten (vgl. Abbildung 1).

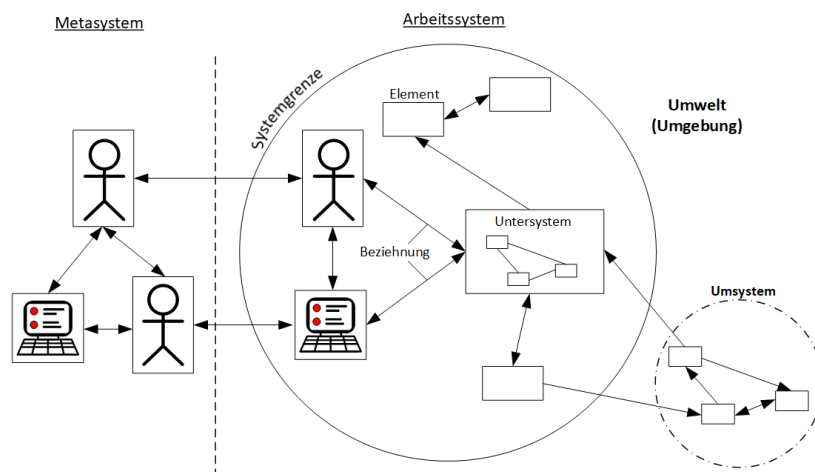


Abbildung 1: Arbeitssystem und Metasystem (Inspiriert durch Haberfellner et al. 2012, Luhmann 1987)

Am **Beispiel** der Automatisierung im Kraftfahrzeug ist neben technischen Voraussetzungen, welche ein Fahrzeug erfüllen muss, um sich zu bewegen zu können, auch informationstechnisches Know-How zu integrieren, menschenbezogene Aspekte zu adressieren, die bspw. die Übernahmefähigkeit oder das Situationsbewusstsein beschreiben, sowie soziale und rechtliche Technikfolgen automatisierten Fahrens zu berücksichtigen. Ein wichtiger Schritt ist über das Einzelfahrzeug hinaus in Richtung Verkehrssystem, von Bewegung hinaus in Richtung Mobilität, die z.B. auch andere Verkehrsmittel umfasst. Um im Markt zu bestehen, muss sich ein Produkt auch wirtschaftlich beweisen, sodass der Aspekt der Automatisierung im Kraftfahrzeug viele

verschiedene Disziplinen und Komponenten auf den Plan ruft, die in die Analyse einfließen.

Allgemein kann es hilfreich für das Systemverständnis sein, sowohl im Ziel-Arbeitssystem als auch im Metasystem Spannungsfelder zu identifizieren, die unterschiedliche Ausprägungen und Zielrichtungen prägnant beschreiben. Beispiele für Spannungsfelder sind zeitliche Phasen wie Analysieren, Gestalten und Bewerten, die jeweils unterschiedliche Denkweisen und Disziplinen ansprechen. Weitere Beispiele für Spannungsfelder sind unterschiedliche Systemqualitäten wie Zeit, Kosten, Qualität und Funktionen, sowie unterschiedliche Anschauungsweisen wie qualitativ-quantitativ, objektiv-subjektiv und Mensch-Technik (-Organisation), die sowohl negative als auch positive Potenziale haben können und in eine konstruktive Balance überführt werden müssen.

Am **Beispiel** der Fahrzeug-Automatisierung können zunächst verschiedene quantitative und qualitative Systemqualitäten wie Effektivität, Sicherheit, Effizienz, die stärker auf die technische Performanz abzielen, zur Beschreibung der Fahrzeug-Automatisierung herangezogen werden. Andere Qualitäten legen den Fokus mehr auf den Menschen wie Gebrauchstauglichkeit, Situationsbewusstsein, Freude bzw. User Experience (UX) und Vertrauen.

Allgemein kann eine vollständige oder zumindest ausreichende Analyse des Arbeitssystems, seiner Um-Systeme und des Metasystems die Grundlage für eine sinnvolle Bewertung und Gestaltung sein. Auf den ersten Blick z.B. eines auf ein technisches Untersystem fokussierten Ingenieurs könnte man auf die Idee kommen, dass man erst etwas gestalten und implementieren muss, damit man es bewerten kann. Mit einem systemischen Blick wird schnell klar, dass ein technisches Untersystem immer in einem soziotechnischen System zur Wirkung kommt, und dass dieses System oft schon vorher existiert, bevor es dann mit dem neuen oder modifizierten technischen Untersystem verändert wird. Die Bewertungsmaßstäbe vorher zu kennen kann die Gestaltung eines Systems deutlich verbessern.

3. Bewertung des Arbeitssystems

Allgemein ergeben sich mit der zunehmenden Digitalisierung und Automatisierung von Arbeitssystemen neue Herausforderungen, die nur teilweise mit technischen Problemen zusammenhängen. Der Umgang mit solchen Herausforderungen erfordert systematische und standardisierte Methoden, die die Bewertung und Einschätzung von Systemen unter qualitativen und quantitativen Aspekten unterstützen. Entscheidend in Richtung Interdisziplinarität ist dabei, dass unterschiedliche Werte aus unterschiedlichen Disziplinen gleichzeitig zur Wirkung kommen sollen, aber nicht alle gleichzeitig optimiert werden können, sondern ausbalanciert werden müssen. Weiterhin gibt es fundamentale Zusammenhänge wie Zeit, Kosten, Qualität und Funktionen, deren Missachtung in Projekten jede Wirksamkeit der Bewertung ad absurdum führen würde. Wir schlagen deshalb vor, bewährte Modelle des Projektmanagements wie das Teufelsquadrat dahingehend zu erweitern, dass wesentliche interdisziplinäre Qualitätszusammenhänge damit visualisiert und von einem interdisziplinären Team prozessiert werden können. So zeigt Abbildung 2 ein erweitertes Teufelsquadrat (extended devil's square), mit dem verschiedene Systemqualitäten im Bewusstsein gehalten und ausbalanciert werden können. Dabei sollten auch Systemqualitäten zweiter Ordnung wie Resilienz, Transparenz etc. mit aufgeführt werden, damit sie in eine ganzheitliche Bewertung immer mit einfließen können.

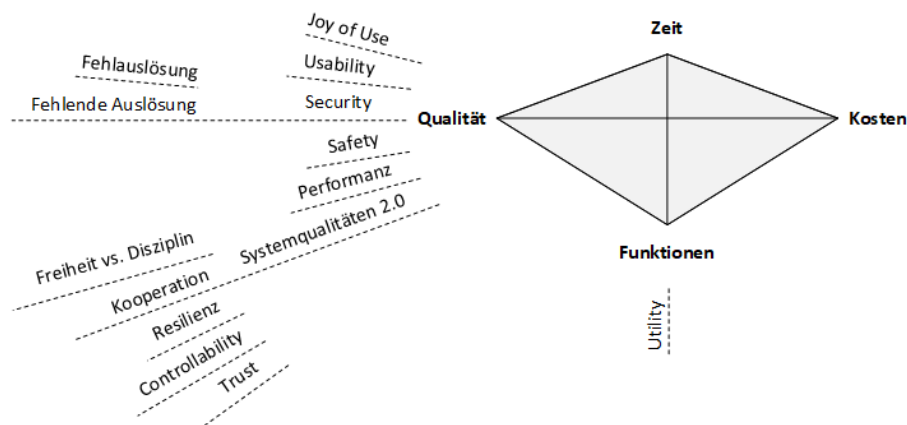


Abbildung 2: Erweitertes Teufelsquadrat (inspiriert von Sneed 1987)

Diese Systemqualitäten sollten in jedem Schritt der Systementwicklung berücksichtigt und in Iterationen bewertet werden, um sicherzustellen, dass die Entwicklung in Richtung des Zielkonzepts geht.

Am Beispiel Fahrzeuge und Automation hat der Mensch bei zunehmender Fahrzeugautomatisierung weniger Aufgaben als beim manuellen Fahren. Daher erstreckt sich die Systembewertung nicht nur auf die quantitative Bewertung der Fahrzeugleistung bei verschiedenen Fahrmanövern, sondern auch auf qualitative Erfassung und quantitative Messungen der Auswirkungen verschiedener Systemdesigns auf die Akzeptanz, das Vertrauen, die wahrgenommene Arbeitsbelastung und die Nutzbarkeit des Systems. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Steuerbarkeit des Systems gerade in Situationen, in denen die Fahrzeugautomatisierung an ihre Grenzen stößt (z.B. unheimliches Tal der Automatisierung Flemisch et al. (2017)).

4. Gestaltung des Arbeitssystems

Allgemein wird die Gestaltung des Arbeitssystems nur von einem Teil der Arbeitswissenschaft als Kardinalaufgabe verstanden. Und doch ist es genau bei der Gestaltung, bei der die Erkenntnisse der Analyse und Bewertung zur Wirkung kommen sollen. Startpunkt jeder Gestaltung sind gemeinsame mentale Modelle zum Arbeitssystem und zu den Arbeitsprozessen, die z.B. in Form von Design-Metaphern und Interaktionsmustern iterativ und systematisch herausgearbeitet und von ersten Vorstellungen in konkret implementierbare und erlebbare, leistungsfähige, sichere und gebrauchstaugliche Gesamtsysteme transferiert werden. Die Vorgehensweise kann dabei iterativ erfolgen und von anfangs unscharf auf zunehmend präzise übergehen.

Am **Beispiel** der Fahrzeug-Automatisierung sind die Rollen in der Gestaltung eines Verkehrssystems vielfältig. Gerade deswegen ist hier die interdisziplinäre Zusammenarbeit von hoher Wichtigkeit. Bei der Systemgestaltung ist eine agile Arbeitsweise leichter zu erzielen, wenn in interdisziplinären Teams kooperiert wird und damit das Wissen verschiedener Stakeholder aus unterschiedlichen Bereichen verstanden und berücksichtigt werden kann (vgl. Abbildung 3). Die frühe Gestaltung von gemeinsamen mentalen Modellen ist in solchen Konsortien von großer Bedeutung, da von Beginn an wichtige Merkmale erkannt werden können, die, gerade im Bereich der Fahrzeug-Automatisierung, stark ineinander verflochten sind.

So müssen beispielsweise schon bei der Systemgestaltung spezielle Anforderungen der verschiedenen Stakeholder berücksichtigt. Der gesellschaftliche Effekt, der durch die Fahrzeug-Automatisierung entsteht, beeinflusst verschiedenste Lebensräume des Menschen. Dies betrifft sowohl Verkehrskonzepte innerhalb großer Städte, die individuelle Art der Fortbewegung, sowie den Arbeitsbereich des Menschen. Hier werden durch höhere Automationsgrade Freiräume geschaffen, in denen nicht das Fahrzeug geführt werden muss, sondern das Fahrgeschehen aktiv von einer Automation übernommen werden kann. Um diese Freiräume sicher zu gestalten und sinnvoll zu nutzen, ist ein früher Zusammenschluss interdisziplinärer Konsortien und Teams zur Klärung von wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Fragestellungen erforderlich und kann die Nutzerakzeptanz bereits während der Systemgestaltung signifikant in eine positive Richtung beeinflussen. Als Beispiel ist hier das Projekt „Vorreiter“ zu nennen, in dem die Entwicklung und Implementierung teilautomatisierten Fahrens über die gesamte Projektlaufzeit von einem interdisziplinären Konsortium durchgeführt wird und dabei auf rechtliche, gesellschaftliche und technische Fragen bereits während der Entwicklung eingegangen werden kann.

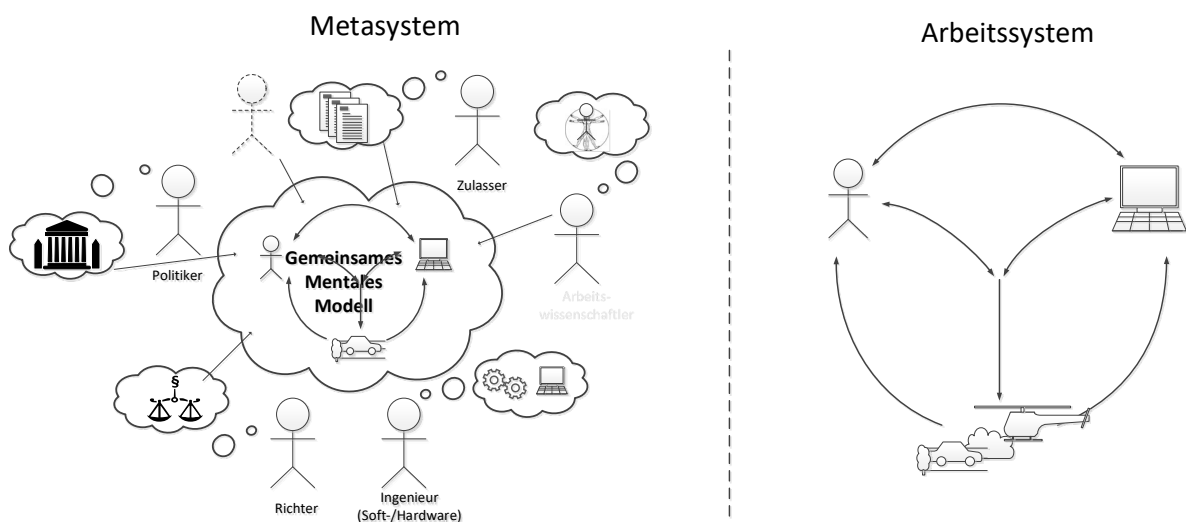


Abbildung 3: Gestalten von mentalen Modellen und Arbeitssystemen

5. Quo vadis, Arbeitswissenschaft, interdisziplinär oder systemisch?

Ausgangspunkt war die Frage, ob wir erfolgreiche Arbeitssysteme durch Interdisziplinarität, oder durch mehr Systemdenken und –Engineering erreichen können? Im Verlauf der Diskussion am Beispiel der Fahrzeugautomatisierung ist klar geworden, dass es eine zusammenhängende Kette sein könnte: Erfolgreiche Arbeitssysteme durch erfolgreiche Interdisziplinarität durch systemisches Denken und Handeln. Dabei sind wir gerade mal auf halben Weg, und haben folgende Handlungsfelder identifiziert:

- Systemisches Denken und Handeln stärker ausbilden und
- In die interdisziplinäre Forschung und Entwicklung integrieren
- Meta-System-Analyse mit adressieren
- Insbesondere die Integration mit dem Metasystem „Erde“ besser integrieren
- Interdisziplinarität im Spannungsfeld Ästhetik und Funktionalität ausbauen

Unser Ziel muss es sein, die Arbeitswissenschaft in einem Wechselspiel aus Theorie und praktischer Anwendung in eine Arbeitssystemwissenschaft weiterzuentwickeln. Dabei sollten wir ausgehend von einer wissenschaftlichen Vorgehensweise einen engen Schulterschluss mit Handwerk und der Kunst suchen. Nur dadurch können wir gute Theorie in praktisch anwendbare „Best Practice“ und ästhetische Lösungen überführen. In der Kombination dieser drei leistungsfähigen Paradigmen können wir Arbeitssysteme sinnvoll analysieren, angemessen bewerten und so gestalten und integrieren, dass sie dem Wohle der beteiligten Menschen und Organisationen dienen, ohne den anderen Mitmenschen und der Welt zu schaden.

6. Literatur

- Billings, C. E. (Charles E.) (1997). *Aviation automation : the search for a human-centered approach*. Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, N.J
- Duden Band 5 (2001). *Duden – Das Fremdwörterbuch*. Bibliographisches Institut & F.A. Brockhaus AG
- Flemisch F., Winner H., Bruder R., Bengler K. (2016) *Cooperative Guidance, Control, and Automation*. In: Winner H., Hakuli S., Lotz F., Singer C. (eds) *Handbook of Driver Assistance Systems*. Springer International Publishing Switzerland, 249–260.
- Flemisch, F., Altendorf, E., Canpolat, Y., Weßel, G., Baltzer, M., Lopez, D., ... & Schutte, P. (2017). *Uncanny and unsafe valley of assistance and automation: First sketch and application to vehicle automation*. In *Advances in Ergonomic Design of Systems, Products and Processes* (pp. 319-334). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Gaser, T. M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., ... & Lotz, C. (2012). *Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung*. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen. Unterreihe Fahrzeugtechnik, 83.
- Haberfellner, R., de Weck, O., Fricke, E., & Vössner, S. (2012), *Systems Engineering. Grundlagen und Anwendung* Orell Füssli Verlag AG
- Haberfellner, N., & Becker, B. Masow v (1992) *Systems Engineering: Methodik und Praxis*, 7. Aufl. Verlag Industrielle Organisation, Zürich.
- Jungert, M., Romfeld, S., Sukopp, T., & Voigt, U. (Eds.). (2013). *Interdisziplinarität: Theorie, Praxis, Probleme*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- Luhmann, N. (1987). *Soziale Systeme. Grundriss einer allgemeinen Theorie*.
- National Transportation Safety Board. (2015). *NTSB 2016 Most Wanted Transportation Safety Improvements: Prevent Loss of Control in Flight in General Aviation*.
- Sneed, H.M. (1987). *Software Management*. Cologne: Müller GmbH.
- Stiller, C., Burgard, W., Deml, B., Eckstein, L., & Flemisch, F. (2018). *Kooperativ interagierende Automobile*. *at-Automatisierungstechnik*, 66(2), 81-99.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Konrad Bielecki, Julia Spies und Ralph Baier für die Unterstützung bei dieser Publikation.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten

65. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

GfA-Press

Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,
Technische Universität Dresden;
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2019
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

Schriftleitung: Matthias Jäger

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

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

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband 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.

Screen design und Umsetzung

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de