

Komplexität in Arbeitssystemen: Analyse und Ordnung von Beschreibungsansätzen aus unterschiedlichen Disziplinen

Benedikt A. LATOS, Markus HARLACHER, Mochtar EL-MAHGARY,
Daniela GÖTZELMANN, Philipp PRZYBYSZ,
Susanne MÜTZE-NIEWÖHNER, Christopher M. SCHLICK †

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: In diesem Beitrag wird der in vielen wissenschaftlichen Disziplinen verwendete Komplexitätsbegriff unter Berücksichtigung der Bedeutung für die Transformation der Arbeit durch Digitalisierung analysiert. Hierzu werden vorhandene Komplexitätsdefinitionen aus verschiedenen Fachdisziplinen in einem Ordnungsrahmen systematisiert und einer vergleichenden Analyse in Bezug auf die Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Kriterien zugänglich gemacht. Darüber hinaus werden die Ergebnisse von strukturierten Interviews mit ExpertInnen aus Wirtschaft und Wissenschaft zur Identifizierung von Komplexitätstreibern in digitalisierten Arbeitssystemen präsentiert.

Schlüsselwörter: Komplexität, Digitalisierung, Transformation der Arbeit

1. Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung führt zu bedeutenden Veränderungen der Arbeitswelt, die u.a. durch schnellere und vielfältigere Kommunikationswege sowie durch die Vernetzung von Maschinen und Informationsquellen gekennzeichnet sind. Im Kontext von Industrie 4.0 wird darüber hinaus die Fertigung kundenindividueller Produkte vorangetrieben. Die Folgen dieser Entwicklungen sind komplexere Arbeitsprozesse und -systeme, sodass der angemessene Umgang mit Komplexität in zunehmend digitalisierten Arbeitssystemen von zentraler Bedeutung ist. Über die Analyse und Systematisierung der Auswirkungen auf Arbeitspersonen und -teams müssen die Veränderungen in der Arbeitswelt erfasst und bewertet sowie Gestaltungsmaßnahmen zur Komplexitätsreduktion und -beherrschung abgeleitet werden.

Der Begriff der Komplexität wird in vielen wissenschaftlichen Disziplinen verwendet, sodass - trotz einiger universeller Merkmale - fachspezifische Bedeutungen konstatierbar sind. In diesem Beitrag wird daher der Komplexitätsbegriff zunächst unter Berücksichtigung der Bedeutung für die Transformation der Arbeit durch Digitalisierung analysiert. Hierzu werden vorhandene Komplexitätsdefinitionen aus verschiedenen Fachdisziplinen in einem Ordnungsrahmen systematisiert und einer vergleichenden Analyse insbesondere in Bezug auf die Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Kriterien zugänglich gemacht. Darüber hinaus werden die Ergebnisse von zehn strukturierten Interviews mit ExpertInnen aus Wirtschaft und Wissenschaft zur Identifizierung von Komplexitätstreibern in digitalisierten Arbeitssystemen präsentiert. Der Beitrag schließt mit einer Diskussion der identifizierten Treiber und Merkmale von Komplexität.

2. Analyse bestehender Komplexitätsdefinitionen relevanter Fachdisziplinen

Der Begriff der Komplexität wird in der Alltagssprache häufig dazu verwendet, eine gewisse Unmöglichkeit auszudrücken, betrachtete Zusammenhänge konkret zu beschreiben und zu beeinflussen respektive diese vollständig zu erfassen und zu begreifen. In vielen unterschiedlichen Wissenschaftsdisziplinen wird der Terminus fachspezifisch verwendet und verstanden (Hoeschen 2015). Für einen arbeitswissenschaftlichen Ansatz zur Komplexitätsbeherrschung gilt es, bestehende Komplexitätsdefinitionen aus relevanten Fachdisziplinen des pluri- und interdisziplinären Forschungsgebiets der Arbeitswissenschaft in einem Ordnungsrahmen zu systematisieren. Zu diesen Fachdisziplinen zählen im vorliegenden Kontext insbesondere die Ingenieur- und Wirtschaftswissenschaften, die Soziologie und die Arbeits- und Organisationspsychologie (vgl. Schlick et al. 2010).

Um das Konstrukt der Komplexität zu beschreiben, wird häufig die Systemtheorie als konzeptionelle Grundlage verwendet (Hoeschen 2015). Ein komplexes System besteht demnach, wenn eine große Anzahl an Elementen und zugleich ausgeprägte Interaktionen vorliegen (Shalizi 2006; Simon 1996). Bei einer systematischen Betrachtung der einschlägigen Fachliteratur zur Systemtheorie finden sich folgende allgemeine Komplexitätscharakteristika gehäuft: die Anzahl und Art von Elementen und Verbindungen, die Veränderungsgeschwindigkeit der Systemstruktur sowie die Unsicherheit bezüglich des aktuellen Systemzustands und der zukünftigen Systemzustände (Zusammenstellungen diverser Komplexitätsdefinitionen finden sich z.B. in Blockus 2010 und Hoeschen 2015). So stellt von Bertalanffy (1972) fest, dass Systemeigenschaften durch die Eigenschaften der Elemente und die Gesetze ihres Zusammenwirkens festgelegt werden. Hierbei tritt das Phänomen der Emergenz auf, womit Eigenschaften und Verhaltensmuster des Systems gemeint sind, welche nicht gänzlich mit den Eigenschaften der einzelnen Elemente erklärt werden können.

Das Systemdenken ist elementarer Bestandteil vieler Ingenieurdisziplinen, sodass die Komplexitätscharakteristika der allgemeinen Systemtheorie auch auf eine ingenieurwissenschaftliche Betrachtungsweise zutreffen (Desshmukh et al. 1998; Kuzgunkaya & ElMaraghy, 2007; Sivadasan et al. 2006). Im Produktionssystem werden bspw. statische bzw. strukturelle Komplexität von dynamischer oder operationaler Komplexität unterschieden (Desshmukh et al. 1998). In der betriebswirtschaftlichen Literatur beschreibt Blockus (2010) Komplexität in enger Anlehnung an die allgemeine Systemtheorie, wobei zusätzlich die Wahrnehmung als subjektive Komponente berücksichtigt wird. In einem psychologischen Ansatz wird ein komplexes Problem über Abhängigkeiten zwischen Variablen, Eigendynamik, Intransparenz der Situation sowie Vielzieligkeit (Polytelie) charakterisiert (Dörner et al. 1983; Dörner 2011; Kluge, 2004). In der soziologischen Systemtheorie nennt Willke (1996) folgende drei Merkmale von Komplexität: Vielschichtigkeit, Vernetzung und Folgelastigkeit eines Entscheidungsfelds. Komplexe Systeme weisen viele Handlungsalternativen auf und zwingen zur Selektion (Luhmann 1991).

Insgesamt enthalten die analysierten Komplexitätsdefinitionen aus den Einzeldisziplinen zentrale Elemente, welche eine arbeitswissenschaftliche Definition von Komplexität beinhalten sollte. Um die vorgestellten Komplexitätsdefinitionen in einer vergleichenden Analyse insbesondere in Bezug auf die Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Aspekte zugänglich zu machen, bedarf es der Festlegung von geeigneten Kriterien. Im Hinblick auf die Transformation der Arbeit durch Digitalisierung stehen digitalisierte Arbeitssysteme im Betrachtungsfokus. Daher ist

ein systemtheoretisch orientiertes Kriterium der „*Systemgröße*“ notwendig, welches die Art und die Anzahl der Elemente sowie die Interaktionen zwischen den Elementen inkludiert. Zudem muss abgebildet werden, dass komplexe Systeme nicht statisch sind und emergente Phänomene auftreten können. Ein zweites Kriterium ist daher die „*Dynamik und Unsicherheit*“ eines Systems. Um den Menschen und die Auswirkungen der Arbeitsbedingungen auf den Menschen zu berücksichtigen, muss eine arbeitswissenschaftliche Definition von Komplexität über ein rein systemtheoretisches Konzept hinausgehen. Aus arbeitspsychologischer Sicht sollte sie zum einen das Entscheidungsverhalten von Arbeitspersonen in komplexen Situationen beinhalten. Daher wird die „*Polytelie*“ als Ausdruck für eine komplexe Situation mit konträren Zielrichtungen als weiteres Kriterium definiert. Weitergehend kann angeführt werden, dass aufgrund der menschlichen Informationsverarbeitung etwa Komplexität aufgrund von unterschiedlichen semantischen Wahrnehmungen entstehen kann. In Anlehnung an das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (Rohmert 1984; Luczak 1975) muss zum anderen bedacht werden, dass die menschliche Wahrnehmung von Komplexität eine subjektive Größe ist. Es wird daher die „*Subjektivität*“ als weiteres Kriterium festgelegt. Schließlich wird im Hinblick auf den hier vorliegenden Betrachtungsbereich - die Transformation von Arbeit durch Digitalisierung - die „*Digitalisierung*“ als explizites Kriterium aufgenommen. Das Ergebnis der vergleichenden Analyse der in diesem Abschnitt umrissenen Komplexitätsdefinitionen aus relevanten Fachdisziplinen im Hinblick auf die Berücksichtigung arbeitswissenschaftlicher Kriterien wird in Abbildung 1 dargestellt.

Es ist ersichtlich, dass keine der vorgestellten Definitionen alle Kriterien gänzlich abbildet. Dies kann durch eine Synthese der fachspezifischen Definitionen erzielt werden. Des Weiteren kann konstatiert werden, dass Digitalisierung in keiner der untersuchten Definitionen adressiert wird. Die gemeinsame Betrachtung von Komplexitätseigenschaften in den spezifischen Definitionen und der aufgestellten Kriterien liefern jedoch erste Ansatzpunkte für die Identifikation von Komplexitätstreibern in digitalisierten Arbeitssystemen, welche etwa durch eine Vielzahl an vernetzten Informationsquellen und eine hohe Dynamik in der Informationsverarbeitung bestehen können.

3. Experteninterviews zur Exploration von Komplexitätstreibern

Zur Exploration von Komplexitätstreibern in digitalisierten Arbeitssystemen sind zunächst zehn strukturierte Interviews mit ExpertInnen aus Wirtschaft und Wissenschaft durchgeführt worden. Die thematischen Schwerpunkte des ExpertInnenkreises umfassen u.a. die Wirtschaftsinformatik, das Industrial Engineering und Ingenieurwesen, die Betriebswirtschaftslehre, die Informationstechnik sowie das Projektmanagement. Die ExpertInnen gehörten sowohl dem bereitstellenden als auch dem anwendenden Personenkreis von digitalisierten Arbeitssystemen an.

Zur Durchführung der Interviews wurde ein teilstrukturierter Leitfaden erstellt, sodass allen Interviewten die gleichen Fragen gestellt wurden aber gleichzeitig detailliertere Nachfragen möglich waren. Die Dauer eines Interviews betrug ca. 45 Minuten. Der Großteil der Interviews wurde telefonisch geführt. Alle Interviews wurden für Analysezwecke aufgezeichnet. Die Leitfragen für das Interview fokussierten einerseits die Rekapitulation von vergangenen und andererseits die Antizipation von künftig erwarteten Veränderungen in Unternehmen durch Digitalisierung. Zur

Strukturierung des Leitfadens wurden sechs Gestaltungsfelder herangezogen, die sich in arbeitsorganisatorischen Transformationsprojekten als relevant erwiesen haben. Anschließend wurde innerhalb der sechs Gestaltungsfelder nach Komplexitätstreibern sowie nach Maßnahmen für eine Reduktion von Komplexität gefragt. Abbildung 2 visualisiert die mit Hilfe einer Analyse der häufigsten Nennungen extrahierten Komplexitätstreiber.

Autor (Jahr)	Fachdisziplin	Verständnis von Komplexität / Komplexitätscharakteristika	Systemgröße	Dynamik und Unsicherheit	Polytelie	Subjektivität	Digitalisierung
von Bertalanffy (1972)	Systemtheorie	Anzahl der Elemente, Vielfalt der Elemente, Anzahl der Verknüpfungen	x	x	-	-	-
Desshmukh et al. (1998)	Ingenieurwesen	Die statische Komplexität eines Produktionssystems wird anhand der Struktur, der Varietät der Untersysteme und der Stärke der Interaktionen charakterisiert.	x	-	-	-	-
Sivadasan et al. (2006)	Ingenieurwesen	Die dynamische oder operationale Komplexität wird als Unsicherheit bezüglich der zeitlichen Veränderung des Systems definiert.	-	x	-	-	-
Blockus (2010)	Betriebswirtschaftslehre	Die Hauptcharakteristika sind die Anzahl und die Art der Elemente und Verbindungen und die Veränderlichkeit über die Zeit. Über diese objektive Komplexität hinaus, wird die Wahrnehmung als subjektive Komponente berücksichtigt.	x	x	-	x	-
Dörner et al. (1983), Dörner (2011), Kluge (2004)	Psychologie	Ein komplexes Problem wird über vier Charakteristika beschrieben: Abhängigkeiten zwischen Variablen, Eigendynamik, Intransparenz der Situation, Vielzielligkeit (Polytelie).	(x)	x	x	-	-
Willke (1996)	Soziologie	Komplexität weist folgende drei Charakteristika auf: Vielschichtigkeit, Vernetzung und Folgelastigkeit eines Entscheidungsfeldes	(x)	-	(x)	(x)	-
Luhmann (1991)	Soziologie	Ein System ist bei einer großen Anzahl an Elementen und Verbindungen kompliziert, wobei ein komplexes System gleichzeitig viele Handlungsalternativen aufweist und zur Selektion zwingt.	x	-	x	(x)	-

Legende: x berücksichtigt; (x) teilweise berücksichtigt; - nicht berücksichtigt

Abbildung 1: Bewertung einer Auswahl bestehender Komplexitätsdefinitionen.

Die Auswertung der Experteninterviews deutet vor allem darauf hin, dass durch die Entwicklung hin zu einer kundenindividuellen Produktion eine disruptive Änderung in der Unternehmensorganisation in Richtung einer hochflexiblen und agilen Produktionsumgebung sowohl in der Ablauf- als auch in der Aufbauorganisation notwendig sein wird. Hierdurch entsteht beispielsweise Komplexität in der Produktionsplanung. Ein zentraler Erfolgsfaktor für eine solche Entwicklung sei eine durchgängige Digitalisierung von Unternehmensprozessen. Hierbei spielen jedoch – nach Meinung der Interviewten – bei der Beherrschung von Datenkomplexität insbesondere geeignete Standards, Analysetools und eine adäquate Benutzungsschnittstellengestaltung eine maßgebliche Rolle. Gleichzeitig könne eine agile Organisation nur entstehen, wenn der einzelnen Arbeitsperson mehr Entscheidungskompetenz zugesprochen würde. Erhöhte Abstimmungsbedarfe im Zuge von zunehmend kooperativen und vernetzten Arbeitsformen sowie Polytelie bei konträren Zielsetzungen steigern während der Transformation die Komplexität der Arbeitsaufgabe.

Die Kommunikation über digitale Medien bewirke eine Komplexitätserhöhung, da der zusätzliche Informationsgehalt von zwischenmenschlicher Interaktion, z.B. durch Gestik, Mimik und Intonation, reduziert werde. Generell bewirken neue Technologien Paradigmenwechsel vom klassischen Produkt hin zur integrierten hybriden eine Steigerung der Produktkomplexität, welche zusätzlich durch den Dienstleistung verstärkt werde. Des Weiteren können digitale Assistenzsysteme einerseits die systeminhärente Komplexität reduzieren, aber andererseits auch für die Arbeitsperson eine Komplexitätserhöhung darstellen, wenn deren Bedienung nicht intuitiv gestaltet sei. Insgesamt werden bedarfsgerechte Qualifizierungs- und Kompetenzentwicklungsmöglichkeiten als elementar für eine erfolgreiche Komplexitätsbeherrschung in digitalen Arbeitssystemen erachtet.

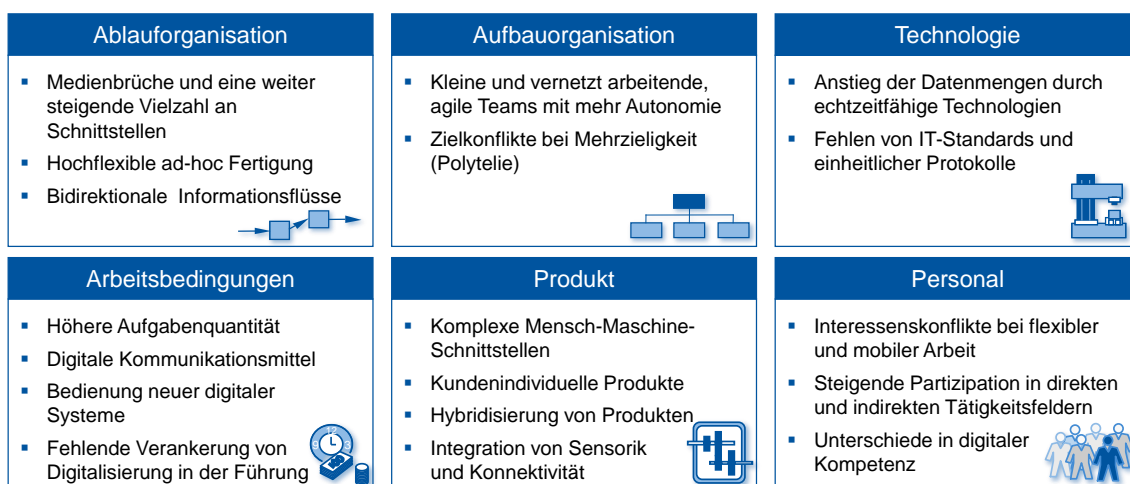


Abbildung 2: Komplexitätstreiber in digitalen Arbeitssystemen (Ergebnis der Interviews).

4. Diskussion der Ergebnisse

Resümierend kann konstatiert werden, dass zahlreiche Definitionen des Komplexitätsbegriffs aus unterschiedlichen Fachdisziplinen vorliegen, aus denen sich durchaus universelle Merkmale ableiten lassen, die für die spätere Definition eines arbeitswissenschaftlichen Komplexitätsbegriffs herangezogen werden können. Es ist jedoch gleichzeitig festzustellen, dass keine der fachspezifischen Definitionen die aus einer arbeitswissenschaftlichen Perspektive heraus aufgestellten Kriterien umfassend berücksichtigt. Dass das Kriterium „Digitalisierung“ in bestehenden Definitionen nicht explizit adressiert wird, war letztlich zu erwarten. Aus Sicht der Autoren ist allerdings ein konkreter Bezug zum Betrachtungsbereich Transformation der Arbeit durch Digitalisierung für die Definition sowie die spätere Operationalisierung eines arbeitswissenschaftlichen Komplexitätskonstrukts unabdingbar.

Die Ergebnisse der Experteninterviews liefern diverse Komplexitätstreiber in digitalisierten Arbeitssystemen, wobei eine eindeutige Zuordnung zu den Gestaltungsfeldern aufgrund der vielfältigen Wirkbeziehungen nicht in jedem Fall trennscharf möglich ist. Die ExpertInnen stimmten in der Einschätzung überein, dass sich durch die digitale Transformation enorme wirtschaftliche Potenziale offenbaren und sich disruptive Änderungen in der Arbeitswelt ergeben werden. Das Potenzial

kann allerdings nur ausgeschöpft werden, wenn gleichzeitig Ursachen für erhöhte Komplexität erkannt und durch adäquate Gestaltungsmaßnahmen reduziert respektive beherrschbar werden. Um die Validität der Interviewergebnisse zu erhöhen, gilt es den Stichprobenumfang zu vergrößern. Die anschließende Analyse sollte darauf ausgerichtet werden, Hinweise auf Gestaltungsmaßnahmen für eine Reduktion von Komplexität in digitalisierten Arbeitssystemen zu extrahieren. Die bereits geplanten weiterführenden Forschungsarbeiten sehen außerdem vor, die qualitativen Auswertungen aus der Explorationsphase durch quantitative empirische Studien zu komplementieren.

5. Literatur

- Blockus, MO (2010) Komplexität in Dienstleistungsunternehmen: Komplexitätsformen, Kosten- und Nutzenwirkungen, empirische Befunde und Managementimplikationen. Univ., Diss. - Basel, 2010 (1. Aufl.). Gabler Research: Vol. 28. Wiesbaden: Gabler.
- Deshmukh AV, Talavage JJ, Barash MM (1998) Complexity in manufacturing systems, Part 1: Analysis of static complexity, 30, 645–655.
- Dörner D (2011): Die Logik des Misslingens. Strategisches Denken in komplexen Situationen. 10. Aufl. Reinbek: Rowohlt.
- Dörner D, Kreuzig HW, Reither F, Stäudel T (1983) Lohhausen. Vom Umgang mit Unbestimmtheit und Komplexität. Bern, Stuttgart, Wien: Hans Huber.
- Hoeschen A (2015) Komplexitätsorientierte Wertschöpfungsverteilung in multinationalen Produktionssystemen (Dissertation). RWTH-Aachen, Aachen.
- Kluge A (2004) Wissenserwerb für das Steuern komplexer Systeme. Lengerich, Berlin, Bremen, Miami, Riga, Viernheim, Wien, Zagreb: Pabst Science Publ.
- Kuzgunkaya O, ElMaraghy HA (2007) Assessing the structural complexity of manufacturing systems configurations. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 18(2), 145–171.
- Luczak H (1975) Untersuchungen informatorischer Belastung und Beanspruchung des Menschen. Fortschrittsberichte der VDI-Zeitschriften, Reihe 10, Nr 2. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Luhmann N (1991) Soziale Systeme. Grundriß einer allgemeinen Theorie. 4. Aufl. Frankfurt am Main: Suhrkamp.
- Rohmert W (1984) Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*. 38. Jg., 1984, Nr. 4, 193-200.
- Shalizi CR (2006) Methods and Techniques of Complex Systems Science: An Overview. In: Deisboeck TS, Kresh JY (Hrsg) *Complex systems science in biomedicine*. (Reihe: Topics in biomedical engineering international book series). New York: Springer, 2006, 49–131.
- Simon HA (1996) *The sciences of the artificial*. Nachdruck in 3. Aufl.. Cambridge: MIT Press.
- Sivadasan S, Efstathiou J, Calinescu A, Huatuco LH (2006) Advances on measuring the operational complexity of supplier–customer systems. *European Journal of Operational Research*, 171(1), 208–226.
- von Bertalanffy, L (1972) Vorläufer und Begründer der Systemtheorie. In: Kurzrock, R. (Hrsg): *Systemtheorie. Forschung und Information*: Bd. 12. Berlin: Colloquium, 17-28.
- Willke H (1996) *Systemtheorie 1: Grundlagen*. 5. Aufl. Stuttgart: UTB.

Danksagung: Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt „TransWork“ wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen“ (FKZ: 02L15A162) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft

63. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

15. – 17. Februar 2017

GfA Press

Bericht zum 63. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 15. – 17. Februar 2017

FHNW Brugg-Windisch, Schweiz

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2017

ISBN 978-3-936804-22-5

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

USB-Print: Dr. Philipp Baumann, Olten

Screen design und Umsetzung

© 2017 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de