

Usability-Erwartungen an die Einführung menschzentrierter cyber-physischer Systeme in der Produktion 4.0

Patricia TEGTMEIER, Sascha WISCHNIEWSKI

*Gruppe „Human Factors, Ergonomie“
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Im Forschungsprojekt „Migrationsunterstützung für die Umsetzung mensch-zentrierter Cyber-Physical Systems (MyCPS)“ wird eine auf den Menschen zentrierte Umstellung auf cyber-physische Systeme (CPS) erarbeitet und erprobt. Vorgestellt werden in diesem Beitrag exemplarisch erste Ergebnisse der arbeitswissenschaftlichen Evaluation eines Anwendungsfalls mit Tablets als digitale Werkzeuge in der Instandhaltung. In einem Vorher-Nachher Design wurden zunächst Erwartungen zur Usability sowie Akzeptanz in der ausgewählten Pilotabteilung erhoben. Nach einer ersten sechswöchigen Nutzung des Prototyps wurden die Gebrauchstauglichkeit der gewählten Lösung und das Nutzererleben getestet. Die Ergebnisse der ersten Nachher-Erhebung zeigten sich insgesamt konform zu den Erwartungen vor der Einführung. Nur für die Dimensionen Erlernbarkeit, Selbstbeschreibungsfähigkeit und Steuerbarkeit des Systems eine höhere Erwartung an die erste Version des Demonstrators bei einer erhöhten Bereitschaft zur Nutzung. Die Bedeutung einzelner Unterausprägungen der Dimensionen für das Nutzererleben erfolgte mittels KANO-Methode in einem Workshop.

Schlüsselwörter: Usability, TAM, Nutzererleben, KANO

1. Einleitung

Die zunehmende Digitalisierung in allen Wirtschaftszweigen basiert häufig nicht auf einer einzelnen, bahnbrechenden Innovation, sondern wirkt durch die Weiterentwicklung bereits bestehender Technologien (Apt et al. 2016). Im Zuge dieser Digitalisierung ist als Grundlage eines leistungsfähigen Informationsmanagements der schrittweise Einzug cyber-physischer Systeme (CPS) in die Produktion zu verzeichnen (Keller et al. 2017). Bei der Entwicklung von CPS als Arbeitsassistent gewinnen Themengebiete wie die kognitive Ergonomie oder das Usability Engineering zunehmend an Bedeutung. Hierzu sind neben der rein technologischen Sichtweise insbesondere Aspekte der menschengerechten Arbeits- und Technikgestaltung zu berücksichtigen, um eine hohe Akzeptanz und optimale Beanspruchung der Beschäftigten zu gewährleisten.

Im Forschungsprojekt "Migrationsunterstützung für die Umsetzung mensch-zentrierter Cyber-Physical Systems (MyCPS)" wird an sieben Pilotumsetzungen eine solche auf den Menschen zentrierte Umstellung auf CPS erarbeitet und erprobt. Die Anwendungsfälle umspannen die Bereiche Fertigung, Montage, Logistik, Produktionsplanung und -steuerung sowie Instandhaltung. Der Schwerpunkt in den Pilotan-

wendungen liegt dabei auf dem Einsatz von CPS zur Vermeidung von Informationsdefiziten (Hacker 2008) durch Medienbrüche. Dabei sollen die Assistenzsysteme die Beschäftigten im Sinne eines Werkzeug Szenarios unterstützen (Windelband 2014). Die eigentlichen Aufgaben bleiben weiter bei den Beschäftigten. In der Mehrzahl der Pilotanwendungen wurden hierfür Smart Devices wie Smartphones und Tablets zur gebrauchstauglichen Bereitstellung relevanter Informationen für die Beschäftigten sowie zur Interaktion der Beschäftigten untereinander und mit den Systemen gewählt.

Für die stringente Nutzung der CPS und damit die beabsichtigte Beseitigung der Medienbrüche ist die Akzeptanz der digitalen Werkzeuglösungen ein entscheidender Faktor. Dieser wird maßgeblich durch den Einführungsprozess im Unternehmen mit bestimmt (Keller et al. 2017). Daher steht im Projekt MyCPS die partizipative Einbindung der Beschäftigten in die gemeinsame Gestaltung, Nutzung und Weiterentwicklung der Lösungen im Zentrum der Pilotumsetzungen, um die notwendige Vertrauensbasis für den Anwendungserfolg zu schaffen. Ziel ist es, so die Bedingungen für die Akzeptanz von Beschäftigten bei der Verwendung der eingesetzten cyberphysischen Systeme zu erarbeiten.

2. Der Anwendungsfall

In diesem Beitrag werden exemplarisch erste Ergebnisse der arbeitswissenschaftlichen Evaluation eines Anwendungsfalls zum interaktiven Störungsmanagement vorgestellt. Vor der Umstellung auf die digitale Assistenzlösung wurden in der Fertigung Dokumentationen über Abweichungen, sonstige Vorkommnisse und etwaige Störungen durch die Maschinenbedienenden handschriftlich aufgezeichnet. Ebenso erfolgte die Beauftragung von Instandhaltungs- und/oder Störbehebungsmaßnahmen durch eine persönliche Ansprache oder durch handschriftliche Aufträge.

Im Zuge des Projekts wurde ein räumlich verteiltes Assistenzsystem mit einem Tablet als digitales Werkzeug in der Instandhaltung umgesetzt. Bei Störungen können Beschäftigte an den Maschinen damit direkt Meldungen an die verschiedenen Instandhaltungsbereiche eingeben und sofort einen Arbeitsauftrag erstellen. Gleichzeitig können diese Meldungen von den zwei Instandhaltungsbereichen Mechanik und Elektrik durchgängig und ortsunabhängig eingesehen. Dies ermöglicht u.a. eine gezielte Vorbereitung der notwendigen Maßnahme.

3. Methode

Ziel der Erhebung war die Evaluation des im beschriebenen Anwendungsfall digitalen Assistenzsystems mithilfe eines Vorher-Nachher-Vergleichs an den Pilot-Arbeitsplätzen. Auf Grund der geringen Gruppengröße im betrachteten Pilotbereich und der nur eingeschränkten Vergleichbarkeit mit weiteren Arbeitsplätzen im Unternehmen wurde ein Ein-Gruppen-Within-Subject Design gewählt. Zum Zeitpunkt dieser Analyse lagen die Daten für die ersten zwei Messzeitpunkte vor. Hierzu wurden vor Einführung der Technologie zunächst die Erwartungen bezüglich der Kriterien Usability (Dialogprinzipien nach DIN EN ISO 9241-210) sowie der Nutzerakzeptanz basierend auf dem Technology Acceptance Model (TAM, Davis 1989) quantitativ über Fragebögen erhoben. Nach einer ersten sechswöchigen Nutzung des Prototyps wurden die tatsächliche Gebrauchstauglichkeit der gewählten Lösung und das Nutzererleben wiederum mittels Fragebögen getestet.

Die Bedeutung einzelner Unterausprägungen der Gebrauchstauglichkeit-Dimensionen für das Nutzererleben erfolgte qualitativ in einem Workshop. In Anlehnung an die Kano-Methode (Sauerwein et al. 1996) bewerteten Beschäftigte und Projektleitung zunächst die Bedeutung einzelner Aspekte der Dialogprinzipien, um die Kriterien zu identifizieren, die den größten Einfluss auf das positive Nutzererleben hatten. Basis, Leistungs- und Begeisterungsfaktoren für die Usability-Dimensionen wurden entsprechend der Antworten im Workshop ermittelt. Auffälligkeiten und Abweichungen zwischen den Einschätzungen der Beteiligten wurden im Nachgang diskutiert und bildeten zusammen mit den Dimensionsbewertungen die Grundlage für die qualitative Analyse.

3.1 Stichprobe

Die Teilnahme an der Befragung stand allen Beschäftigten in den drei beteiligten Pilotbereichen (Maschinenbediener/innen, Instandhaltung Mechanik, Instandhaltung Elektrik) frei. Zum ersten Zeitpunkt nahmen 21 Beschäftigte zum zweiten Erhebungszeitpunkt 16 Beschäftigte teil. Insgesamt lagen für die Unterschiedsevaluation 15 gültige Fragebögen vor. Der Workshop wurde mit je einem Vertreter der Beschäftigten aus den beteiligten Bereichen sowie zwei Personen seitens der Projektleitung durchgeführt.

3.2 Material

Die Abfrage der Erwartungen erfolgte über einen selbstentwickelten Kurzfragebogen, der je eine Frage zu den sieben Dialogprinzipien (Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Lernförderlichkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität, Individualisierbarkeit, Fehlertoleranz) sowie zur Technologieakzeptanz je zwei Fragen zur Nützlichkeit, Einfachheit der Nutzung und Valenz der Nutzung enthielt. Zur Einschätzung der Gebrauchstauglichkeit der Assistenzlösung wurden je mehrere Einzelfragen zu den Dialogprinzipien in Anlehnung an ISOMetrics^S (Gediga et al. 1999) entwickelt. Die sechs Fragen zur Technologieakzeptanz wurden beibehalten. Alle Antworten erfolgten auf 5-stufigen Likert-Skalen (1 = stimmt nicht, 5 = stimmt sehr).

Entsprechend der KANO-Methode wurden für die Einzelfragen zu den Dimensionen der Gebrauchstauglichkeit der Digitalen Medien und der Akzeptanz funktionale und dysfunktionale Fragen in Paaren zusammengestellt und in Posterform im Workshop bearbeitet.

3.3 Statistische Auswertung

In Anbetracht der geringen Stichprobengröße wurde für die inferenzstatistische Auswertung auf nicht-parametrische Verfahren zurückgegriffen.

Ein-Stichproben Wilcoxon-Tests wurde jeweils für die betrachteten Dimensionen der Gebrauchstauglichkeit sowie die drei Aspekte der Technologieakzeptanz berechnet, um zu entscheiden für welche dieser Aspekte im Vorfeld der Einführung erhöhte bzw. besonders geringe Erwartungen bestanden. Getestet wurde entsprechend der Fünfer-Skala gegen ein mittleres Erwartungsniveau mit einem Median von drei. Für die Ermittlung bedeutsamer Unterschiede zwischen Erwartungen und der Einschätzungen nach sechswöchiger Testung des Assistenzsystems wurden für die besagten

Aspekte Wilcoxon Vorzeichen-Rangtests berechnet. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für den α -Fehler bei zweiseitiger Testung wurde für alle Analysen auf 5 % festgelegt.

4. Ergebnisse und Diskussion

Die Auswertung der Erwartungen mittels Wilcoxon-Tests zeigten die Mediane für die Dimensionen Selbstbeschreibungsfähigkeit ($M = 4$, $Z = 2.07$, $p = .039$, $N = 21$), Steuerbarkeit ($M = 3.5$, $Z = 2.00$, $p = .045$, $N = 21$) und Erlernbarkeit ($M = 4$, $Z = 3.47$, $p = .001$, $N = 21$) signifikant höhere Medianwerte gegenüber dem getesteten mittleren Wert von 3. Ebenso lagen mit Medianen von jeweils 3.5 mit der erwarteten Einfachheit ($Z = 2.73$, $p = .006$, $N = 21$) sowie die Valenz zur Nutzung ($Z = 2.95$, $p = .003$, $N = 21$) zwei der Werte für die Technologieakzeptanz darüber. Die übrigen vier Dimensionen ebenso wie die Erwartungen hinsichtlich der Nützlichkeit unterschieden sich nicht signifikant von einer mittleren Erwartung. Den Beschäftigten war im Vorhinein bekannt, dass es sich um keine fertige Lösung handelte. Unter Umständen spiegeln die eher mittleren Erwartungen bezogen auf die Umsetzung für die konkrete Aufgabe und den spontan merkbaren Mehrwert auch Erwartungen an die Mitgestaltung im weiteren Einführungsprozess wider. Dagegen legen die höheren Erwartungswerte hinsichtlich der Prinzipien Steuerbarkeit, Selbstbeschreibungsfähigkeit und Erlernbarkeit eine grundsätzlich mit der Nutzung von Tablets für verschiedene Formen der mobilen Informationsverarbeitung verknüpften Erwartung an die Gebrauchstauglichkeit nahe. Verbunden damit, lässt sich aus den zugehörigen TAM-Werten eine prinzipiell positive Einstellung zum neuen digitalen Werkzeug ableiten.

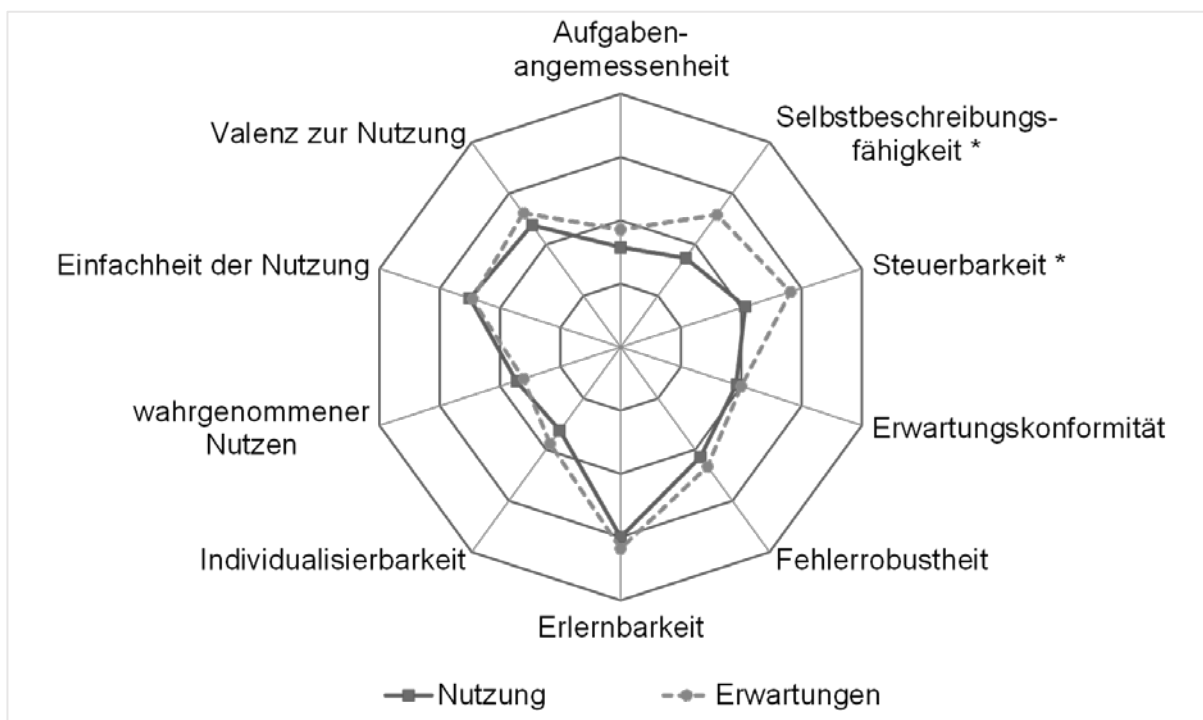


Abbildung 1: Mittelwerte für die betrachteten Dialogprinzipien im Vergleich zwischen Erwartungen (gestrichelte Linie) und der Einschätzung nach sechswochiger Nutzung des Assistenzsystems (durchgezogene Linie). Signifikante Unterschiede zwischen beiden Zeitpunkten sind mit einem * gekennzeichnet.

Das eingesetzte Arbeitssystem wurde von den Beschäftigten innerhalb der sechswöchigen Einführung bereits gut genutzt. Bis zum Zeitpunkt des Workshops wurden 50 Tickets zur vorbeugenden Instandhaltung im System aufgegeben und bearbeitet. Nach weiteren sechs Wochen waren bereits über 300 Tickets im System erstellt worden. Maschinenausfälle wurden in den Daten zugrunde liegenden ersten Pilotphase auch weiterhin mittels persönlicher Kontaktaufnahme weitergegeben.

Im Vergleich zwischen den Erwartungen und den Einschätzungen nach der ersten Nutzungsphase (vgl. auch Abb. 1) mittels Wilcoxon Vorzeichen-Rangtests lagen die Mediane mit 3.0 für die Selbstbeschreibungsfähigkeit ($Z = -2.40$, $p = .013$, $N = 15$) und die Steuerbarkeit des Systems ($Z = -2.14$, $p = .029$, $N = 15$) in der Nutzung statistisch signifikant unter den Erwartungen mit Medianen von 4.0. Mit einem $r = .62$ für die Selbstbeschreibungsfähigkeit und $r = .55$ für die Steuerbarkeit liegen nach Cohen (1992) in beiden Fällen starke Effekte vor. Alle übrigen getesteten Dimensionen unterschieden sich statistisch nicht von den zuvor abgegebenen Erwartungswerten. Die Ergebnisse der ersten Nachher-Erhebung zeigten sich weitgehend konform zu den Erwartungen vor der Einführung. Innerhalb der sechswöchigen Nutzung wurden die verschiedenen Rückmeldungen der Beschäftigten zur Gebrauchstauglichkeit der Lösung zunächst gesammelt. Insbesondere zum Prinzip der Aufgabenangemessenheit wurden vermehrt Rückmeldungen abgegeben. Entsprechend blieben der wahrgenommene Nutzen und die Aufgabenangemessenheit im mittleren Bereich. Nicht erfüllt zeigten sich die erhöhten Erwartungen hinsichtlich der Selbstbeschreibungsfähigkeit und der Fehlerrobustheit. Im nachgelagerten Workshop wurde hierzu die zuvor unterschätzte starke inhaltliche Verbindung mit dem Prinzip der Aufgabenangemessenheit von den Teilnehmenden selbst als Grund für vorhandene Lücken gesehen.

In der Betrachtung der Anforderungsfaktoren für die Dialogprinzipien und die Akzeptanz aus dem Workshop stimmten die Einschätzungen der drei Beschäftigtenvertreter und der Projektleitung in vielen Einzelaspekten überein. Dabei stuften beide Gruppen interessanterweise die Items zum Prinzip der Individualisierbarkeit eher als Begeisterungsmerkmale ein. In der nachgelagerten Diskussion wiesen die Teilnehmenden gerade für diesen Aspekt auf den Pilotcharakter der Assistenzlösung hin. Bis zum Zeitpunkt des Workshops, so waren sich die Beteiligten einig, trat die Individualisierbarkeit auch deshalb schon in den Hintergrund, weil alle Nutzenden auf dem gleichen Novizenniveau mit dem System interagierten. Die gleiche Kenntnisstand sowie die Beschränkung auf den Pilotbereich ließ eine individuelle Anpassung eher als interessant für die Zukunft erscheinen. Eine andere Einstufung nach längerer Nutzung mit unterschiedlichen Kenntnisständen erscheint hier möglich. Auch wenn eine Individualisierung z.B. am Kenntnisstand der Anwendenden zunächst nicht vordringlich ist, kann hier ein Begeisterungsfaktor geschaffen werden, der die Nutzerakzeptanz positiv beeinflusst.

Hinsichtlich der Nutzerakzeptanz betrachteten die Beschäftigten wie auch Projektleitung gleichermaßen die Einfachheit der Nutzung und der wahrnehmbare Nutzen als zu leistende Basisanforderungen. Anders als die Projektleitung betrachteten die Beschäftigten die Valenz zur Nutzung weniger als Leistungs- und mehr als Basisanforderung.

5. Fazit und Ausblick

Grundsätzlich lässt sich aus den Ergebnissen ein gewisser Vorteil der Nutzung einer aus dem privaten Bereich schon häufig bekannten Technologie wie dem Tablet für die Nutzerakzeptanz ablesen. Gleichzeitig kann eben diese weite Verbreitung von Tablet-Anwendungen in einer entsprechend hohen Erwartungen an die Prinzipien der Selbsterklärbarkeit und Fehlerrobustheit resultieren. Für ein Gelingen der partizipativen Einführung einer auf Tablets basierten Assistenzlösung sollte insbesondere für diese Aspekte im Vorfeld thematisiert werden, dass auch hier iterative Verbesserungen Teil des gemeinsamen Entwicklungsprozesses sind.

In einer weiteren Nacherhebung soll entsprechend den qualitativen Ergebnissen aus dem Workshop neben den hier dargestellten Aspekten verstärkt auf die Hardware-Usability sowie mit der Nutzung der Assistenz verknüpfte Änderungen in den Aufgabenmerkmalen eingegangen werden.

6. Literatur

- Apt W, Bovenschulte M, Hartmann EA, Wischmann S (2016) Foresight-Studie „Digitale Arbeitswelt“. Forschungsbericht 463 für das Bundesministerium für Arbeit und Soziales. Berlin: Institut für Innovation und Technik.
- Davis, FD (1989) Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *MIS Quarterly* 13(3), 319-340.
- DIN EN ISO 9241-210 (2010) Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme; Deutsche Fassung EN ISO 9241-210:2010. Berlin: Beuth.
- Gediga G, Hamborg K-C, Duntsch I (1999) The IsoMetrics Usability Inventory. An operationalisation of ISO 9241-10 supporting summative and formative evaluation of software systems. *Behaviour and Information Technology* 18(3): 151-164.
- Hacker, W (2008) Informationsflussgestaltung als Arbeits- und Organisationsoptimierung. Jenseits des Wissensmanagements. Zürich: vdf, Hochschulverlag.
- Keller A, Adler S, Jachmann D, Haase T (2017) Assistenzsysteme für die Prozessindustrie – ein partizipativer Gestaltungsansatz In: GfA (Hrsg.), *Soziotechnische Gestaltung des digitalen Wandels – kreativ, innovativ, sinnhaft*. Dortmund: GfA Press, C.3.4.
- Sauerwein E, Bailom F, Matzler K, Hinterhuber HH (1996) The Kano Model: How to delight your customers. Preprints Volume I of the IX. International Working Seminar on Production Economics: 313-327.
- Windelband L (2014) Zukunft der Facharbeit im Zeitalter „Industrie 4.0“. *Journal of Technical Education* 2 (2): 138-160.

Danksagung: Ein ganz besonderer Dank gilt Frau Regina Horn und Herrn Christoph Schulte sowie allen Beschäftigten in den Pilotabteilungen für die konstruktive Zusammenarbeit.

Hinweis: Die vorliegenden Ergebnisse entstanden im Rahmen des Projektes MyCPS. Das Forschungs- und Entwicklungsprojekt "Migrationsunterstützung für die Umsetzung mensch-zentrierter Cyber-Physical Systems (MyCPS)" wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Programm ‚Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen‘ gefördert (Förderkennzeichen 02P14B121) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de