

Untersuchung der Sensitivität von OWAS und DIN EN 1005-4 gegenüber der Erhöhung der Beanspruchung durch statische Körperhaltungen mittels Oberflächenelektromyographie

Tobias HELLIG, Alexander MERTENS, Christopher BRANDL

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

Kurzfassung: Die vorliegende Studie untersucht die Sensitivität der Methoden Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) und DIN EN 1005-4 gegenüber einer signifikanten Erhöhung der Beanspruchung des Muskel- und Skelettsystems durch statische Körperhaltungen. Dazu wird die in einer Probandenstudie (n = 24) mittels Oberflächenelektromyographie (OEMG) erfasste Muskelaktivität während 16 verschiedenen Körperhaltungen mit den Risikobewertungen der o.g. Methoden verglichen. Eine varianzanalytische Untersuchung der Ergebnisse zeigte einen signifikanten Anstieg der Muskelaktivität mit steigendem Winkel des Rückens und der Schulter. Jedoch konnte dieser Anstieg der Muskelaktivität nicht in selbem Maße durch höhere Risikoindizes nach OWAS oder DIN EN 1005-4 abgebildet werden.

Schlüsselwörter: Körperhaltung, OWAS, Muskelaktivität

1. Einleitung

Roman-Liu (2014) sowie Widanarko et al. (2012) konstatieren, dass ungünstige Körperhaltungen die Hauptursache für die Entstehung von Muskel- und Skeletterkrankungen darstellen. Verfahren für die Bewertung physischer Belastungen allgemein sowie zur Beurteilung von Körperhaltungen können nach Schlick et al. (2010) in Befragungs-, Beobachtungs- und Messverfahren unterschieden werden. In der betrieblichen Praxis finden zur Untersuchung von Belastungszuständen beobachtenden Verfahren, wie z.B. dem Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) nach Karhu et al. (1977) Anwendung (Brandl et al.:2017). Daneben stehen eine Vielzahl weiterer Verfahren, wie z.B. DIN EN 1005-4:2009 zur Verfügung. Weiterhin eignen sich zur Erfassung von Beanspruchungszuständen objektive Messverfahren. Aufgrund fehlender Praktikabilität ist der Einsatz solcher Messverfahren in der betrieblichen Praxis jedoch nicht weit verbreitet.

Im Rahmen der Beanspruchungsermittlung dient das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept (Rohmert:1983a; Rohmert:1984) zur Beschreibung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen von Belastung und Beanspruchung. Demnach erfolgt bei der objektiven Ermittlung von Beanspruchungszuständen die Erfassung von geeigneten physiologischen oder biochemischen Messgrößen am Menschen (Rohmert:1983a). Je nach Art der Beanspruchung hat die Wahl der jeweiligen Messgröße engpassorientiert zu erfolgen (Rohmert:1983a). Durch Körperhaltung erfolgt hauptsächlich die Beanspruchung der Muskeln und des Herz-Kreislaufsystems (Schlick et al.:2010). Insbesondere bei statischer Körperhaltung muss der beanspruchte Muskel durch den kontraktionsbedingten Muskelinnendruck und dem damit einhergehenden Abschluss der Sauerstoffversorgung des Muskels durch einen unterbrochenen Blutfluss (Roh-

merkt:1962) als Engpass angesehen werden. Deshalb eignet sich der Einsatz der Oberflächenelektromyographie (OEMG) zur Ermittlung der muskulären Beanspruchung bei statischen Körperhaltungen und einer anschließenden Risikobeurteilung als objektive Messgröße.

Eine Beurteilung der Sensitivität von in der betrieblichen Praxis vielfach eingesetzten Belastungsbewertungsverfahren zur Beurteilung von signifikanten Erhöhungen der Beanspruchung durch statische Körperhaltungen, kann durch einen Vergleich dieser Verfahren mit objektiven Messwerten der OEMG durchgeführt werden. Ziel dieses Beitrages ist die Untersuchung der Sensitivität von OWAS und DIN EN 1005-4 zur Ermittlung des Schädigungsrisikos durch statische Körperhaltungen.

2. Methode

An der Studie zur Untersuchung der Sensitivität von OWAS und DIN EN 1005-4 gegenüber einer signifikanten Erhöhung der Beanspruchung durch statische Körperhaltung nahmen 24 Versuchspersonen im Alter von 20 bis 28 Jahren ($MW = 24,6$ a; $SD = 1,99$ a) teil. Während der Versuchsdurchführung nahmen die Versuchspersonen 16 verschiedene statische Körperhaltungen für jeweils eine Minute ein. Diese Körperhaltungen sind durch folgende Körperteilhaltungen definiert: Stehen auf beiden Beinen, Ventralflexion des Rumpfes (Neigung des Rückens in Bauchrichtung) um 0° , 20° , 40° , und 60° sowie Flexion der Schulter um 0° , 30° , 60° und 90° . Dabei ist die Körperteilhaltung 0° Ventralflexionswinkel des Rumpfes durch einen aufrechten Rumpf und die Körperteilhaltung 0° Flexionswinkel der Schulter durch einen frei hängenden Arm gekennzeichnet. Die 16 untersuchten statischen Körperhaltungen ergeben sich aus der Kombination der vier angegebenen Ventralflexionswinkel des Rückens und der vier angegebenen Flexionswinkel der Schulter.

Während der isometrischen Kontraktionsphase der Körperhaltung von einer Minute wurde mittels OEMG die Muskelaktivität der folgenden Muskeln der rechten Körperhälfte erfasst: trapezius pars descendens (UT), trapezius pars ascendens (LT), anterior deltoideus (AD) und erector spinae (ES). Die Auswahl der untersuchten Muskeln erfolgte auf Basis der durch die Auslenkung der Körperteile Rücken und Arm verursachten Beanspruchung im Muskel- und Skelettsystem. Um den Einfluss von Ermüdung auf die Ergebnisse der Messungen zu eliminieren, erfolgte die Permutation der Reihenfolge der aufeinanderfolgend eingenommenen Körperhaltungen.

Neben der messtechnischen Erfassung der Muskelaktivität wurden die genannten 16 Körperhaltungen mit den Methoden OWAS und DIN EN 1005-4 bewertet. Die Methode OWAS ordnet jeder Körperhaltung je nach Belastungsgrad eine Maßnahmenklasse (MK) zu. Dabei steht MK 1 für eine Körperhaltung, welche keinen schädigenden Einfluss ausübt. In aufsteigender Reihenfolge stehen die MK 2 bis 4 für einen steigenden Belastungsgrad und ein höheres bis deutlich schweres Schädigungsrisiko. Die Methode der DIN EN 1005-4:2009 bewertet aufgrund bislang fehlender Erkenntnisse zu Interaktionseffekten von Körperteilhaltungen Körperhaltungen nicht im Ganzen sondern ausschließlich die Haltung einzelner Körperteile in einer isolierten Betrachtung. Dabei kennt DIN EN 1005-4:2009 sowohl für die Ventralflexion des Rumpfes als auch die Flexion des Oberarms jeweils vier Zonen. Diese Zonen zeigen in aufsteigender Reihenfolge ein höheres Schädigungsrisiko an, wobei Zone 1 für ein akzeptables Risiko und Zone 4 für ein nicht akzeptables Risiko steht.

Die Versuchsdurchführung war in die Phasen Vorbereitung und Erfassung der

Muskelaktivität aufgeteilt. Während der ersten Phase erfolgte die Vorbereitung der Haut und Platzierung der Elektroden nach Hermens:1999. Weiterhin wurden Übungen zur maximalen isometrischen Muskelkontraktion (MVC) durchgeführt und die dabei wirkende muskuläre Beanspruchung messtechnisch erfasst. Während der zweiten Phase erfolgte die Einnahme der Körperhaltungen für jeweils eine Minute.

Zur Erfassung der muskulären Beanspruchung wurde im Rahmen der Studie das Direct Transmission System der Firma Noraxon Inc. (Scottsdale, AZ, USA) in Verbindung mit selbstklebenden Ag/AgCl Dual Elektroden (4 x 2,2 cm Klebefläche, 1 cm Durchmesser der kreisförmigen Klebefläche, 2 cm Interelektrodenabstand) eingesetzt. Die erfassten Signale wurden mit einem Faktor von 1000 V/V verstärkt. Die Input-Impedanz lag bei 100 M Ω , die Gleichtaktunterdrückung bei 100 dB. Die Signalabtastrate wurde auf 1500 Hz mit einem digitalen Bandpassfilter von 10 – 500 Hz festgelegt. Die Root Mean Square Amplitude wurde mit einem Zeitfenster von 100 ms ermittelt und anhand der Werte der MVC normalisiert.

Diese Daten wurden im Anschluss einer Varianzanalytischen Untersuchung (MANOVA mit Messwiederholung) unterzogen. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ festgelegt.

3. Ergebnisse

3.1 Messwiederholte MANOVA

Eine MANOVA mit Messwiederholung zeigte einen signifikanten Haupteffekt des Ventralflexionswinkels des Rückens auf die Muskelaktivität ($V = 1,31$, $F(21, 195) = 7,202$, $p < 0,001$). Auch der Haupteffekt des Schulterflexionswinkels hatte einen signifikanten Einfluss auf die Muskelaktivität ($V = 1,44$, $F(21, 195) = 8,573$, $p < 0,001$). Die Interaktion der beiden Faktoren Ventralflexionswinkel des Rückens und Flexionswinkel der Schulter hatte einen signifikanten Einfluss auf die Muskelaktivität ($V = 1,003$, $F(63, 1449) = 3,847$, $p < 0,001$). Aufgrund des signifikanten Interaktionseffekts ist eine unabhängige Betrachtung der Haupteffekte nicht möglich.

Abbildung 1 zeigt die Mittelwerte der normalisierten Muskelaktivitäten in Verbindung mit den Bewertungen der 16 Körperhaltungen nach OWAS und DIN EN 1005-4. Wie der Abbildung 1 entnommen werden kann, ist mit einem steigenden Ventralflexionswinkel des Rückens- bzw. Flexionswinkel des Oberarms ebenfalls eine Zunahme der normalisierten Muskelaktivität der untersuchten Muskeln zu verzeichnen. Alle Körperhaltungen mit einem Ventralflexionswinkel des Rückens von 0° sind mit der OWAS MK 1 (akzeptabel) bewertet, alle weiteren Körperhaltungen sind mit der OWAS MK 2 (gesundheitsgefährdender Effekt möglich) bewertet. Die Bewertung der Haltung des Rumpfes erfolgt nach DIN EN 1005-4 durch die Zonen 1 bis 3. Ein Ventralflexionswinkel von 0° ist nach DIN EN 1005-4 mit Zone 1 (akzeptabel) zu bewerten, ein Ventralflexionswinkel von 20° bis 40° ist nach DIN EN 1005-4 mit Zone 2 (bedingt akzeptabel) zu bewerten, ein Ventralflexionswinkel von 60° ist nach DIN EN 1005-4 mit Zone 3 (nicht akzeptabel) zu bewerten.

3.2 Vergleich von OWAS, DIN EN 1005-4 und Muskelaktivität

Die Gegenüberstellung der normalisierten Muskelaktivitäten der untersuchten Körperhaltungen mit den Bewertungen nach OWAS und DIN EN 1005-4 kann Abbildung 1 entnommen werden. Es zeigt sich, dass die Muskelaktivität des ES, als

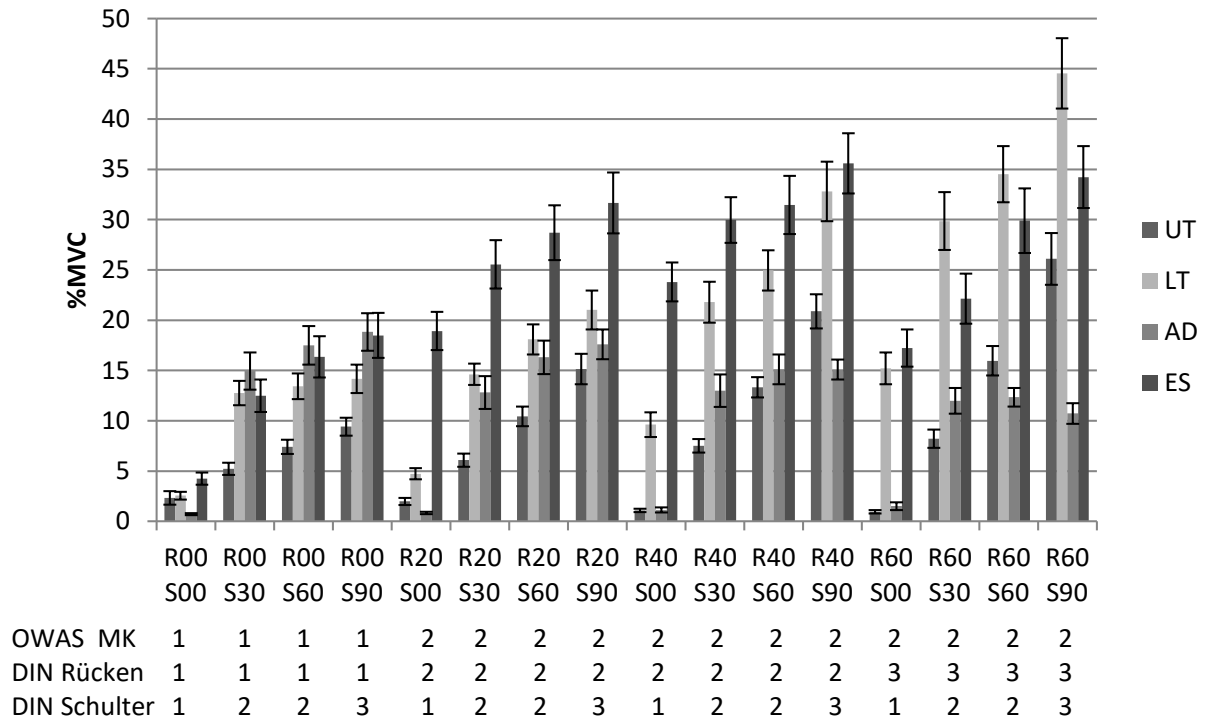


Abbildung 1: Mittelwerte der normalisierten Muskelaktivität und deren Standardfehler, R: Ventralflexionswinkel des Rückens, S: Flexionswinkel des Oberarms; Bewertung der Körperhaltungen nach OWAS und DIN EN 1005-4

Repräsentant der Beanspruchung des Rückens mit steigendem Ventralflexionswinkel des Rumpfes zunimmt. Die Ergebnisse der Muskelaktivität des UT und LT zeigen ebenfalls eine Zunahme mit steigendem Ventralflexionswinkel. Die Ergebnisse der Muskelaktivität des AD zeigt mit steigendem Ventralflexionswinkel des Rückens eine Abnahme der Muskelaktivität. Die Bewertung der Körperhaltungen durch OWAS zeigt jedoch kein steigendes Schädigungsrisiko mit steigendem Ventralflexionswinkel von über 20°. Die Bewertung der Körperhaltungen durch DIN EN 1005-4 zeigt mit steigendem Ventralflexionswinkel ein steigendes Schädigungsrisiko ausgehend von Zone 1 zu Zone 3 an.

Mit einem steigenden Flexionswinkel des Oberarms ist in den Muskeln UT, LT und AD, welche für die Bewegung des Oberarms verantwortlich sind, eine steigende Muskelaktivität zu verzeichnen. Die Ergebnisse der Muskelaktivität des ES zeigt mit steigendem Flexionswinkel des Oberarms ebenfalls eine Zunahme. Die Bewertung der Körperhaltungen durch OWAS zeigt mit einem steigenden Flexionswinkel des Oberarms kein steigendes Schädigungsrisiko an. Je nach zugrunde liegendem Ventralflexionswinkel des Rückens bewertet OWAS alle untersuchten Flexionswinkel des Oberarms durch MK 1 respektive MK 2. Die Bewertung der Oberarmhaltung durch DIN EN 1005-4 zeigt mit steigendem Flexionswinkel ein steigendes Schädigungsrisiko ausgehend von Zone 1 zu Zone 3 an.

4. Diskussion

Ziel dieses Beitrages war es, die Sensitivität der Methoden OWAS und DIN EN 1005-4 zur Ermittlung des Schädigungsrisikos durch statische Körperhaltungen zu untersuchen. Zunächst zeigte die Untersuchung von statischen Körperhaltungen

gen einen signifikanten Interaktionseffekt von Ventralflexionswinkel des Rückens und Flexionswinkel der Schulter auf die Beanspruchung des Muskel- und Skelettsystems. Die derzeit eingesetzten Methoden zur Bewertung von Körperhaltungen berücksichtigen solche Interaktionseffekte jedoch bislang nicht (DIN EN 1005-4:2009). Eine Bewertung der Kombination von akzeptablen Körperteilhaltungen kann auch zu einer nicht akzeptablen Körperhaltung führen.

In einem deskriptiven Vergleich wurden die mittleren Muskelaktivitäten der einzelnen Körperhaltungen mit den Bewertungen der Körperhaltungen nach OWAS und DIN EN 1005-4 gegenübergestellt. Die Ergebnisse der Muskelaktivität des ES zeigen sowohl mit einem steigenden Ventralflexionswinkels des Rückens als auch mit einem steigendem Flexionswinkel des Oberarms eine Zunahme. Wie Abbildung 1 entnommen werden kann, liegt bereits bei einem Ventralflexionswinkel des Rückens von 20° eine normalisierte Muskelaktivität von mehr als 25 % MVC vor. Bereits bei Kontraktionen von mehr als 15 % MVC ist durch den Muskelinnendruck von einer vollständigen Unterdrückung des Blutstroms und einer damit einhergehenden Sauerstoffunterversorgung der Muskulatur auszugehen (Rohmert:1962, 1983b). Durch einen Ventralflexionswinkel des Rückens um 20° und mehr ist demnach von einem Überschreiten der Dauerleistungsgrenze und einem möglichen Schädigungsrisiko auszugehen. Dieses Risiko wird durch OWAS nicht abgebildet, da die untersuchten Körperhaltungen höchstens mit MK 2 bewertet werden. Für die Bewertungen der DIN EN 1005-4 konnte eine höhere Sensitivität gegenüber einer steigenden Beanspruchung des Muskel- und Skelettsystems nachgewiesen werden. Jedoch bewertet DIN EN 1005-4 lediglich Körperhaltungen mit einem Ventralflexionswinkel von 60° mit „nicht akzeptabel“. Für die Bewertung der Haltung des Rückens kann demnach von einer höheren Sensitivität der Methode DIN EN 1005-4 verglichen mit der Methode OWAS zur Erfassung des Schädigungsrisikos durch statische Körperhaltung ausgegangen wie die Methode OEMG nachgewiesene kritische Beanspruchungszustände des Muskel- und Skelettsystems anzuzeigen.

Die Ergebnisse der Untersuchung der Muskelaktivitäten von UT, LT und AD zeigen mit steigendem Flexionswinkel des Oberarms eine Zunahme der Muskelaktivitäten. Wie Abbildung 1 entnommen werden kann, liegen bereits ab einem Flexionswinkel des Oberarms von 30° in Kombination mit einem Ventralflexionswinkel des Rückens von 20° und mehr Muskelaktivitäten von mehr als 15% MVC vor, was auf ein mögliches Schädigungsrisiko hinweist. Dieses Risiko wird durch OWAS nicht abgebildet, da die untersuchten Körperhaltungen höchstens mit MK 2 bewertet werden. Für die Methode DIN EN 1005-4 konnte eine höhere Sensitivität gegenüber einer Zunahme der Muskelaktivität nachgewiesen werden. Jedoch bewertet DIN EN 1005-4 lediglich Körperhaltungen mit einem Flexionswinkel des Arms von mehr als 60° mit „nicht akzeptabel“. Für die Bewertung der Haltung des Oberarms kann demnach von einer höheren Sensitivität der Methode DIN EN 1005-4 verglichen mit der Methode OWAS zur Erfassung des Schädigungsrisikos durch statische Körperhaltung ausgegangen werden.

Zusammenfassend ist anzumerken, dass die vorliegende Studie unter kontrollierten Laborbedingungen durchgeführt wurde. Es kann daher nicht eine allgemeine Generalisierbarkeit der Ergebnisse angenommen werden. Insbesondere in industriellen Tätigkeiten auftretende dynamische Muskelkontraktionen konnten im Rahmen dieser Studie nicht untersucht und bei der Interpretation der Ergebnisse nicht berücksichtigt werden. Weiterhin sollten bei der Untersuchung von statischen Körperhaltungen auch Engpässe der Skelettmuskulatur berücksichtigt werden, welche jedoch aufgrund der Notwendigkeit von invasiven Untersuchungsmethoden, wie z.B. via Nadelelektroden,

im Rahmen arbeitswissenschaftlicher Studien bisher nicht möglich waren. Dennoch konnte durch diese Studie eine Notwendigkeit der Weiterentwicklung von ergonomischen Bewertungsmethoden aufgezeigt werden, da beide Methoden gegenüber signifikanter Erhöhungen der muskulären Beanspruchung bei statischen Körperhaltungen keine ausreichende Sensitivität aufzeigen konnten. Zukünftige Arbeiten sollten sich dabei auf empirisches Datenmaterial stützen und Untersuchungen an ausreichend großen und für die arbeitende Bevölkerung repräsentativer Stichprobe erfolgen.

5. Literatur

- Brandl C, Mertens A, Schlick CM (2017), Ergonomic analysis of working postures using OWAS in semi-trailer assembly, applying an individual sampling strategy. *International journal of occupational safety and ergonomics* JOSE 23:110–117.
- DIN EN 1005-4: 2009-01, Sicherheit von Maschinen - Menschliche körperliche Leistung - Teil 4: Bewertung von Körperhaltungen und Bewegungen bei der Arbeit an Maschinen.
- Hermens HJ (1999), European recommendations for surface ElectroMyoGraphy: Results of the SENIAM project. Enschede: Roessingh Research and Development.
- Karhu O, Kansilä P, Kuorinka I (1977), Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied ergonomics* 8:199–201.
- Rohmert W (1962), Untersuchungen über Muskelermüdung und Arbeitsgestaltung: RWTH Aachen, Habilitationsschrift.
- Rohmert W (1983a), Formen menschlicher Arbeit. In: Rohmert W, Rutenfranz J (Eds) *Praktische Arbeitsphysiologie*, Stuttgart: Thieme Verlag, 5–29.
- Rohmert W (1983b), Statische Arbeit. In: Rohmert W, Rutenfranz J (Eds) *Praktische Arbeitsphysiologie*, Stuttgart: Thieme Verlag, 34–43.
- Rohmert W (1984), Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 38:193–200.
- Roman-Liu D (2014), Comparison of concepts in easy-to-use methods for MSD risk assessment. *Applied ergonomics* 45:420–427.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2010), *Arbeitswissenschaft*. Heidelberg, New York: Springer.
- Widanarko B, Legg S, Stevenson M, Devereux J, Eng A, Mannetje A, Cheng S, Pearce N (2012), Gender differences in work-related risk factors associated with low back symptoms. *Ergonomics* 55:327–342.



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