

## Analyse von Körperhaltungen bei der Montage von Sattelaufliegern

Christopher BRANDL, Francoise MEYER, Jennifer BÜTZLER, Alexander MERTENS,  
Christopher M. SCHLICK

*Lehrstuhl und Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen  
Bergdriesch 27, 52062 Aachen.*

**Kurzfassung:** Im vorliegenden Beitrag wird eine ergonomische Analyse von Körperhaltungen bei der Montage von Sattelaufliegern vorgestellt. Ziel war es dabei, die vorherrschende Situation von Belastungen durch Körperhaltung darzustellen. Hierzu wurden insgesamt 63 Arbeitspersonen bei der Ausführung von neun verschiedenen Arbeitstätigkeiten mittels der OWAS-Methode analysiert. Basierend auf 20.594 Beobachtungen konnte das Vorkommen kritischer Körperhaltungstypen sowie Körperteilhaltungen identifiziert werden. Es kommen 25,72 % belastende und 0,62 % mindestens deutlich belastende Körperhaltungstypen vor. Die Ergebnisse zeigen den stark individuell geprägten Charakter beim Einnehmen von Körperhaltungen, was einerseits die Notwendigkeit von anthropometrischer Arbeitsplatzgestaltung mit individuellen Einstellmöglichkeiten erfordert und andererseits das Potenzial von Ergonomie-orientierten Arbeitsplatzwechseln aufzeigt.

**Schlüsselwörter:** Analyse, Bewertung, Ergonomie, Körperhaltung, Montagetätigkeiten, OWAS

### 1. Einleitung

Muskel- und Skeletterkrankungen verursachen in Deutschland die meisten Arbeitsunfähigkeitstage und sind einer der häufigsten Gründe für eine gesundheitlich bedingte Frühberentung. Die Auswertung von Arbeitsunfähigkeitsdaten gesetzlicher Krankenkassen zeigt beispielsweise, dass in gering qualifizierten Berufen mit manuellen Tätigkeiten (z.B. Montageberufe) das Auftreten von Arbeitsunfähigkeitsfällen für die ICD-10-Diagnose M54 „Rückenschmerzen“ im Vergleich zu anderen Berufen am höchsten ist (Liebers et al. 2011). Das Einnehmen ungünstiger Körperhaltungen ist dabei ein Hauptrisikofaktor für die Schädigung des muskuloskelettalen Systems (Widanarko et al. 2012). Aus diesem Grund sind Körperhaltungen oder Körperteilhaltungen oft Einflussgrößen von Methoden zur ergonomischen Bewertung von Arbeitstätigkeiten. So sind Körperhaltungen z.B. bei der Durchführung des European Assembly Worksheets (EAWS) nach Schaub et al. (2013), der Leitmerkalmethode für Heben, Halten und Tragen (LMM-HHT) nach Caffier et al. (1999) oder des Occupational Repetitive Actions (OCRA) nach Occhipinti (1998) direkt zu berücksichtigen. Bei der Bewertung der manuellen Handhabung von Lasten nach DIN EN 1005-2 mittels Risikoindex werden Körperhaltungen beispielsweise indirekt durch die Erfassung von horizontalen und vertikalen Abständen zur Last berücksichtigt. Zur ergonomischen Bewertung von Belastungen vorrangig durch Körperhaltung wurden Beobachtungsmethoden basierend auf dem Multimomentverfahren entwickelt, wie z.B. das Ovako Working Posture Analysing System (OWAS) nach Karhu et al. (1977) sowie Stoffert (1985),

das Rapid Upper Limb Assessment (RULA) nach McAtamney & Corlett (1993) und das Rapid Entire Body Assessment (REBA) nach Hignett & McAtamney (2000).

Die OWAS-Methode wurde von Karhu et al. (1977) als eine praxisorientierte Methode zur Identifizierung und Bewertung von Körperhaltungen vorgestellt. Die OWAS-Methode wurde in der Stahlindustrie entwickelt und bereits für verschiedene Arbeitstätigkeiten auch in anderen Branchen angewendet. So wurden auszugsweise schon Körperhaltungen von Bauarbeitern (Lee & Han 2013), Logistikpersonal (Wright & Haslam 1999), Mechanikern (Burdorf 1992), Pflegepersonal (Pohjonen et al. 1998) oder auch Steinmetzen (Gangopadhyay 2010) analysiert. Die OWAS-Methode ist eine der meist genutzten Methoden bei der ergonomischen Bewertung von arbeitsbedingten Belastungen (van der Beek et al. 2005) und ist zudem gut für die Anwendung im praktischen Umfeld geeignet.

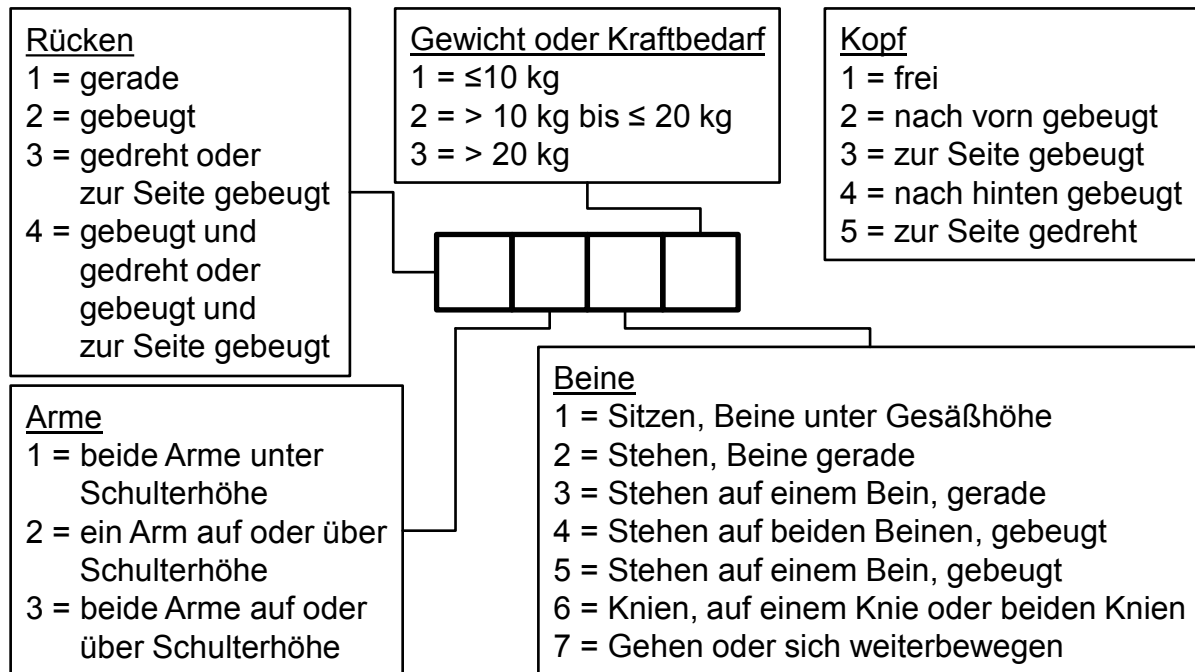
Mit dem Ziel der Darstellung der bei der Montage von Sattelaufliegern vorherrschenden Belastungen durch Körperhaltungen wurde deshalb mittels der OWAS-Methode nach Karhu et al. (1977) und Stoffert (1985) eine ergonomische Analyse durchgeführt.

## 2. Methode

Für die Analyse der Körperhaltungen wurden insgesamt 63 männliche Arbeitspersonen im Alter von 20 bis 61 Jahren (MW = 37,0 a; SD = 10,2 a) beobachtet. Die Körperhöhe der Probanden betrug zwischen 1,65 m und 2,00 m (MW = 1,79 m; SD = 0,08 m). Alle Probanden waren für die untersuchten Arbeitstätigkeiten qualifiziert und führten diese seit durchschnittlich 3,83 Jahre (SD = 3,59 a) aus. Seit insgesamt durchschnittlich 7,83 Jahre (SD = 7,67 a) führen die Probanden Montagetätigkeiten im Allgemeinen aus. Keiner der Probanden hatte zum Zeitpunkt der Analyse muskuloskelettale Beschwerden oder Einschränkungen.

Die Analyse der Körperhaltung umfasste die neun unterschiedlichen Arbeitstätigkeiten, Bodenvorbereitung, Vormontage der Stirnwand, Montage der Gitterstruktur, Kabelbefestigung, Radmontage, Rungenmontage, Verbinden von Achsen und Gitterstruktur, Bodenmontage und Kommissionierung für die Montage der Gitterstruktur. Die neun Arbeitstätigkeiten wurden in einer Voruntersuchung aus allen Tätigkeiten der Montage im Hinblick auf belastende Körperhaltungen durch Betriebsärzte, Betriebstrat, Ergonomie-Experten, Fachkräfte für Arbeitssicherheit, Führungskräfte, Meister und Montagepersonal ausgewählt. Bei der Kabelbefestigung wurden alle 15 qualifizierten Arbeitspersonen berücksichtigt. Bei allen anderen Arbeitstätigkeiten wurden jeweils sechs qualifizierte Arbeitspersonen zufällig ausgewählt.

Die Probanden wurden bei der Ausführung der Arbeitstätigkeiten gefilmt, so dass eine retrospektive Analyse der Körperhaltungen mittels der OWAS-Methode durchgeführt werden konnte. Die Zeitschrittweite der Beobachtungen betrug eine Sekunde. Während jeder Beobachtung wurden die Körperteilhaltungen von Rücken, Armen, Beinen und Kopf sowie der Gewicht- bzw. Kraftbedarf nach der in Abbildung 1 dargestellten Codierung erfasst. Durch die Aneinanderreihung der Codierung von Rücken-, Arm- und Beinhaltung sowie Gewichts- bzw. Kraftbedarf wurde der Körperhaltungstyp ermittelt. Für jeden Proband wurden die relativen Vorkommenshäufigkeiten aller Körperteilhaltungen sowie der Körperhaltungstypen berechnet.



**Abbildung 1:** Codierung der Körperteilhaltungen und der Gewichts- bzw. Kraftbedarfsklassen zur Erzeugung der Körperhaltungstypen nach OWAS (Louhevaara et al. 1992) und der Körperteilhaltung des Kopfes (Stoffert 1985).

Nach der Identifizierung der Körperhaltungen werden diese nach Karhu et al. (1977) anhand von vier Maßnahmenklassen (MK) bewertet. In  $MK_1$  wird die Körperhaltung als normal bewertet und es sind keine Maßnahmen zur Arbeitsgestaltung notwendig.  $MK_2$  beschreibt eine belastende Körperhaltung, weshalb Gestaltungsmaßnahmen in nächster Zeit vorzunehmen sind. Mit  $MK_3$  und  $MK_4$  werden deutlich bzw. deutlich schwer belastende Körperhaltungen erfasst, weshalb Gestaltungsmaßnahmen so schnell wie möglich bzw. unmittelbar getroffen werden müssen.

### 3. Ergebnisse

Die relativen Vorkommenshäufigkeiten der Körperhaltungstypen und der Körperteilhaltungen wurden durch Mittelwertbildung über alle Probanden berechnet und beziehen sich auf insgesamt 20.594 Beobachtungen.

#### 3.1 Körperhaltungstypen

Bei der Montage von Sattelauflegern wurden insgesamt 72 Körperhaltungstypen durch die OWAS-Methode identifiziert. Für 73,66 % der Körperhaltungstypen ergibt sich eine ergonomische Bewertung mit  $MK_1$ . Körperhaltungstypen, die  $MK_2$  zugeordnet werden, kommen zu 25,72 % vor. Körperhaltungstypen der Maßnahmenklassen  $MK_3$  und  $MK_4$  kommen zu 0,55 % bzw. 0,07 % vor. Detailliert sind die relativen Vorkommenshäufigkeiten der Körperhaltungstypen nach OWAS und deren Bewertung mittels der vier Maßnahmenklassen in Abbildung 2 dargestellt. Für die Kombination bestehend aus Rücken-, Arm- und Beinhaltung wurden 54 von den 84 möglichen Kombinationen erfasst.

in %		Beine																								
		1			2			3			4			5			6			7						
		Gewicht oder Kraftbedarf																								
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
Rücken	1	1				22		<<	<				<				<<	<<		<<			15	1	<<	
		2				6	<<		<<				<<											2		
		3				18	<<		<<				<				<<							3	<<	
	2	1				14	<		<				<	<		<<				<				7	<<	
		2				<	<<		<<				<<				<<			<<				<		
		3				<			<<				<<						<<					<		
	3	1				2	<	<<	<															<	<	<<
		2				<			<<				<<											<		
		3				<			<<															<		
	4	1				2	<<	<<	<				<<			<<			<<					<	<<	
		2				<			<<				<<											0		
		3				<<																		0		

Hinweis: „<“ sind Häufigkeiten kleiner 0,1 % und „<<“ sind Häufigkeiten kleiner 0,01 %

Abbildung 2: Mittelwerte relativer Vorkommenshäufigkeiten der Körperhaltungstypen nach OWAS.

Die elf in Abbildung 3 dargestellten Körperhaltungstypen nach OWAS kommen bei der Montage von Sattelauflegern am häufigsten vor und besitzen eine kumulierte Vorkommenshäufigkeit von über 90 %. Die Standardabweichungen zeigen den stark individuell geprägten Charakter beim Einnehmen von Körperhaltungen.

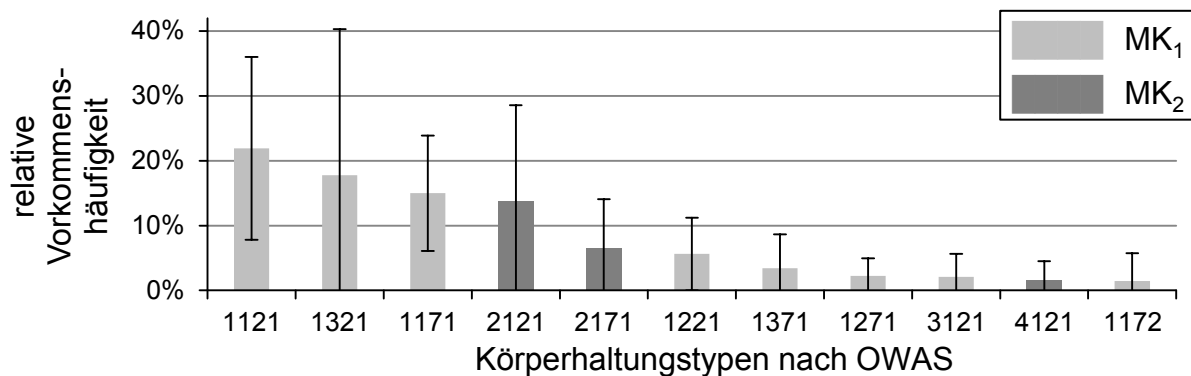
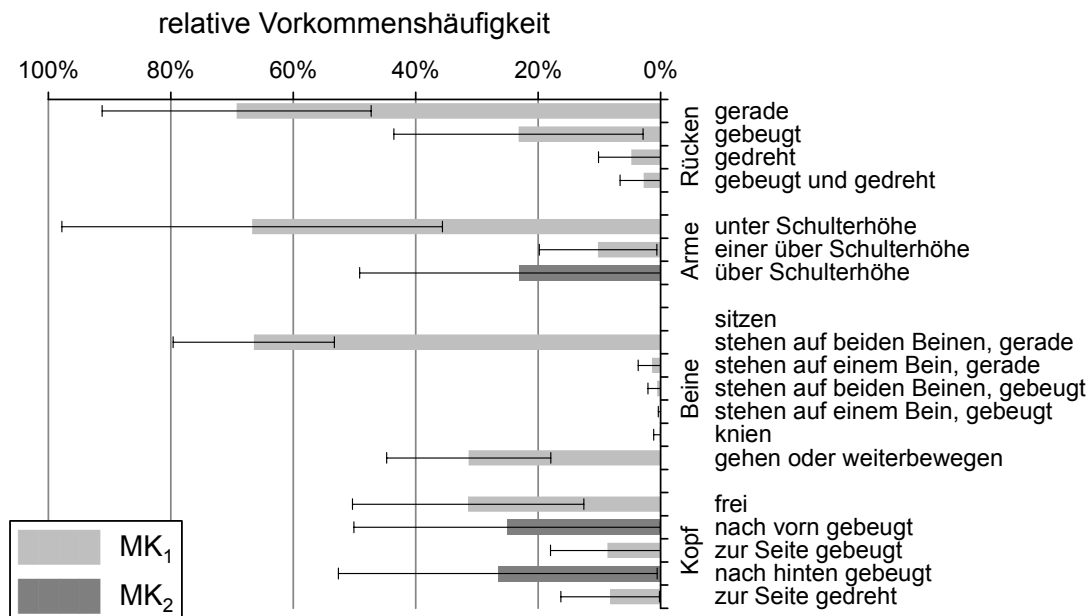


Abbildung 3: Mittelwerte und Standardabweichungen relativer Vorkommenshäufigkeiten der elf häufigsten Körperhaltungstypen nach OWAS.

### 3.2 Körperteilhaltungen

Die ergonomische Bewertung für sechszehn von neunzehn Körperteilhaltungen bei der Montage von Sattelauflegern ergab MK<sub>1</sub> (Abbildung 4). Die Mittelwerte der relativen Vorkommenshäufigkeiten der drei Körperteilhaltungen „Arme über Schulterhöhe“, „Kopf nach vorn gebeugt“ und „Kopf nach hinten gebeugt“ werden mit MK<sub>2</sub> bewertet. Wie in Abbildung 3, sind auch die Vorkommenshäufigkeiten der Körperteilhaltungen individuell geprägt, was durch die großen Standardabweichungen ersichtlich wird.



**Abbildung 4:** Mittelwerte und Standardabweichungen relativer Vorkommenshäufigkeiten der Körperhaltungskategorien nach OWAS ( $n = 63$ ).

#### 4. Diskussion und Fazit

Im vorliegenden Beitrag konnten mittels der OWAS-Methode Belastungen durch Körperhaltung bei der Montage von Sattelaufliegern identifiziert und bewertet werden. Die Körperhaltungstypen werden zu 25,72 % als belastende Körperhaltungen (MK<sub>2</sub>) bewertet. Dazu kommen 0,62 % mindestens deutlich belastender Körperhaltungstypen (MK<sub>3</sub> bis MK<sub>4</sub>). Die drei Körperteilhaltungen „Arme über Schulterhöhe“, „Kopf nach vorn gebeugt“ und „Kopf nach hinten gebeugt“ werden ebenfalls als belastend (MK<sub>2</sub>) bewertet. Die Ergebnisse der ergonomischen Analyse zeigen außerdem einen stark individuell geprägt Charakter beim Einnehmen von Körperhaltungen, was durch die in den Abbildungen 3 und 4 dargestellten Standardabweichungen für die Körperhaltungstypen und die Körperteilhaltungen ersichtlich wird. Die Körperteilhaltungen können so in Abhängigkeit der Arbeitsperson mit verschiedenen Maßnahmenklassen bewertet werden. Für die Körperteilhaltung „Kopf nach hinten gebeugt“ variiert die Standardabweichung beispielsweise zwischen einer Bewertung von MK<sub>1</sub> (normale Körperhaltung) bis MK<sub>3</sub> (deutlich belastende Körperhaltung). Der Grund hierfür sind zum einen die verschiedenen Arbeitstätigkeiten und zum anderen inter- und intraindividuelle Unterschiede der Arbeitsperson.

Zur Verbesserung der Belastungssituation können Gestaltungsmaßnahmen in Anlehnung an den TOP-Ansatz der Arbeitssicherheit (Schlick et al. 2010) durchgeführt werden. So sind zuerst die technischen Voraussetzungen herbeizuführen, welche eine Gesundheitsgefährdung ausschließen oder minimieren. Soweit technische Lösungen nicht möglich oder nicht ausreichend sind, müssen organisatorische Maßnahmen getroffen werden. Ergänzend dazu werden persönliche Voraussetzungen der Arbeitsperson geschaffen, um eine Gesundheitsgefährdung auszuschließen. – Zu den technischen Voraussetzungen gehört zweifellos eine anthropometrische Arbeitsplatzgestaltung mit individuellen Einstellmöglichkeiten. Darüber hinaus kann Abbildung 2 beispielsweise entnommen

werden, dass sitzende Körperhaltungstypen mit geradem Rücken (MK<sub>1</sub>) bei den untersuchten Montagetätigkeiten nicht vorkommen. Hier könnte durch die Einführung von Stehhockern die Belastungssituation verbessert werden. Anhand der individuell geprägten Körperhaltungen, wird ein großes Potenzial für Ergonomie-orientierte Arbeitsplatzwechsel deutlich. Durch gezielte Arbeitsplatzwechsel auf Basis ergonomischer Daten kann so eine Verteilung belastender Körperhaltungen erreicht werden. Für solche Arbeitsplatzwechsel werden individuelle Belastungsanalysen benötigt, mit denen u.a. die durch die individuellen Unterschiede der Arbeitspersonen entstehenden Belastungen erfasst werden können. Hierzu muss in Zukunft die Reduzierung des Aufwands für die Durchführung der ergonomischen Bewertung fokussiert werden. Auf Basis der durchgeführten ergonomischen Analyse können die persönlichen Voraussetzungen der Arbeitspersonen verbessert werden, indem ergonomisch günstige Körperhaltungen arbeitsplatzbezogen geschult werden.

## 5. Literatur

- Burdorf, A. (1992). Sources of variance in exposure to postural load on the back in occupational groups. *Scandinavian journal of work, environment & health*, 18(6), 361-367.
- Caffier, G., Steinberg, U., & Liebers, F. (1999). Praxisorientiertes Methodeninventar zur Belastungs- und Beanspruchungsbeurteilung im Zusammenhang mit arbeitsbedingten Muskel-Skelett-Erkrankungen. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW Verlag für neue Wissenschaft GmbH.
- Gangopadhyay, S., Das, B., Das, T., Ghoshal, G., & Ghosh, T. (2010). An ergonomics study on posture-related discomfort and occupational-related disorders among stonecutters of West Bengal, India. *International journal of occupational safety and ergonomics*, 16(1), 69-79.
- Hignett S, McAtamney L (2000) Rapid entire body assessment (REBA). *Appl Ergonomics* 31, 201-205.
- Karhu O, Kansu P, Kuorinka I (1977) Correcting working postures in industry: A practical method for analysis. *Applied Ergonomics*, 8(4), 199-201.
- Lee, T. H., & Han, C. S. (2013). Analysis of Working Postures at a Construction Site Using the OWAS Method. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics: JOSE*, 19(2), 245-250.
- Louhevaara, V., Suurnäkki, T., Hinkkanen, S., Helminen, P. (1992). OWAS: a method for the evaluation of postural load during work. Institute of Occup. Health. Centre for Occupational Safety.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied ergonomics*, 24(2), 91-99.
- Occhipinti, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311.
- Pohjonen, T., Punakallio, A., & Louhevaara, V. (1998). Participatory ergonomics for reducing load and strain in home care work. *International journal of industrial ergonomics*, 21(5), 345-352.
- Schaub, K., Caragnano, G., Britzke, B., & Bruder, R. (2013). The European assembly worksheet. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 14(6), 616-639.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2010) *Arbeitswissenschaft*. Berlin, Springer Verlag.
- Stoffert G (1985) Analyse und Einstufung von Körperhaltungen bei der Arbeit nach der OWAS-Methode. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 39(1), 31-38.
- van der Beek, A. J., Erik Mathiassen, S., Windhorst, J., & Burdorf, A. (2005). An evaluation of methods assessing the physical demands of manual lifting in scaffolding. *Appl. Ergonomics*, 36(2), 213-222.
- Widanarko, B., Legg, S., Stevenson, M., Devereux, J., Eng, A., Mannetje, A. T., Cheng, S., & Pearce, N. (2012). Gender differences in work-related risk factors associated with low back symptoms. *Ergonomics* 55(3), 327-342.
- Wright, E. J., & Haslam, R. A. (1999). Manual handling risks and controls in a soft drinks distribution centre. *Applied Ergonomics*, 30(4), 311-318.

**Danksagung:** Das diesem Beitrag zugrundeliegende Forschungsvorhaben „ENGAGE4PRO – Ergonomie-Navigator für die alters- und altersgerechte Produktion“ wurde mit Mitteln des BMBF (FKZ: 16SV6143) gefördert. Projektträger ist der VDI/VDE-IT.