Bei diesem Beitrag handelt es sich um einen wissenschaftlich begutachteten und freigegebenen Fachaufsatz („reviewed paper“).

doi.org/10.37544/1436–4980–2023–04–77

Expert*innen-Befragungen zum Stand der Personalisierung in der DACH-Region

Herausforderungen der personalisierten Produktion

T. Bauernhansl, F. Mais, P. Schrader, E. Gross, A.-K. Briem, M. Dangelmaier, N. Hildebrandt, S. Krieg, J. Ulmer

Die zunehmende Individualisierung von Produkten stellt Unternehmen vor neue Herausforderungen. Haupttreiber sind hierbei kundenindividuelle Produkte, die in kleinen Stückzahlen aber zu Kosten einer Großserienfertigung produziert werden sollen. In einer Praxisstudie des Leistungszentrums „Mass Personalization“ in Stuttgart wurden vor diesem Hintergrund Unternehmen in der DACH-Region zu ihrem Personalisierungsgrad sowie den Herausforderungen und Hemmnissen der Personalisierung von Produkten befragt. Eine Erkenntnis ist, dass Unternehmen Personalisierung zur Differenzierung am Markt nutzen, um Kunden passgenauere Produkte anbieten zu können – das Ziel ist es Wettbewerbsvorteile auszubauen.

STICHWÖRTER

PDM (Produktdatenmanagement), Nachhaltigkeit, Industrie 4.0

Challenges for personalized production – Expert interviews on personalization in the DACH region

Due to increasing product individualization, companies face new challenges. The main drivers are customized products produced in small quantities but at the cost of large-scale production. In a practical study conducted by the Center for Mass Personalization in Stuttgart, companies in the DACH region were asked about their degree of personalization and the challenges and obstacles they face personalizing on of products. One finding is that companies use personalization for differentiation in the market so that they can offer customers more suitable products – the goal is to expand competitive advantages.

1 Einleitung

Die zunehmende Produktindividualisierung führt zu steigenden Anforderungen an die Qualifikation der Menschen und erfordert neue technische Ressourcen. Die daraus resultierenden Konflikte in der Interaktion zwischen Mensch und Maschine können den Wertschöpfungsprozess beeinträchtigen, weil neue Erkenntnisse sowie generiertes Wissen oft nur unzureichend ins Wertschöpfungsnetzwerk einfließen. Insbesondere der Einsatz der Massenpersonalisierung – der Herstellung von kundenindividuellen Produkten, die in kleinen Stückzahlen, aber weitgehend zu den Kosten einer Großserienfertigung produziert werden sollen [1] – stellt für Unternehmen eine große Herausforderung dar. Denn während auf Produktnutzerseite tatsächlich ein „großer und stark zunehmender Bedarf an personalisierten Lösungen“ [1, 2] besteht, sehen sich Produzent*innen hierdurch mit einer immer komplexer und dynamischer werdenden Risikolandschaft für Produktinnovationen konfrontiert [2]. Gleichzeitig gilt Personalisierung „im Handel als wichtiger Wettbewerbsvorteil” [3], denn sie bietet die Chance, „Produkte als Summe ihrer Services über deren Lebenszyklus” [4] zu verstehen und somit „Nachhaltigkeit als zentrale Größe im Produktentstehungsprozess” [4] zu etablieren. Für eine Lösung des Konflikts an der Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine zu Gunsten personalisierter, nachhaltiger, innovativer und wirtschaftlicher Produkte sowie Dienstleistungen, braucht es detailliertes Wissen über den Personalisierungsgrad in den einzelnen Branchen. Darüber hinaus müssen Herausforderungen und Hemmnisse im Zusammenhang mit der Personalisierung im Fertigungsprozess identifiziert werden.

Um diese Wissenslücke zu schließen, hat das Stuttgarter Leistungszentrum Mass Personalization (LZMP) im Jahr 2022 in der DACH-Region eine Praxisstudie zum Thema „Personalisierung“ durchgeführt. Das LZMP ist ein Zusammenschluss aus den vier Fraunhofer-Instituten für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik IGB, für Automatisierung in der Produktion IPA, für Arbeit und Organisation IAO und für Bauphysik IBP sowie Instituten der Universität Stuttgart und erforscht und entwickelt seit 2018 den Einsatz der Mass Personalization in den vier Grundbedürfnisfeldern des Menschen: Gesundheit, Mobilität, Bauen und Wohnen sowie Produkte und Produktionssysteme.

2 Grundlagen und Anwendungen der Personalisierung

Der Übergang von Mass Production über Mass Customization zu Mass Personalization (**Bild**) führt zu einer stetig steigenden Komplexität, die mit Standardmontagesystemen nicht zu beherrschen ist. Die Lösung liegt in der Verwendung flexibler Produktionssysteme, die für die Produktion personalisierter Produkte immer wichtiger werden [5]. Hinzu kommt, dass personalisierte Produkte oft verkettete und meist komplexe Produkte sind und, anders als bei Massenprodukten, die Variantenvielfalt der Produktionsfamilie nicht mehr vorherbestimmt werden kann.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-77 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

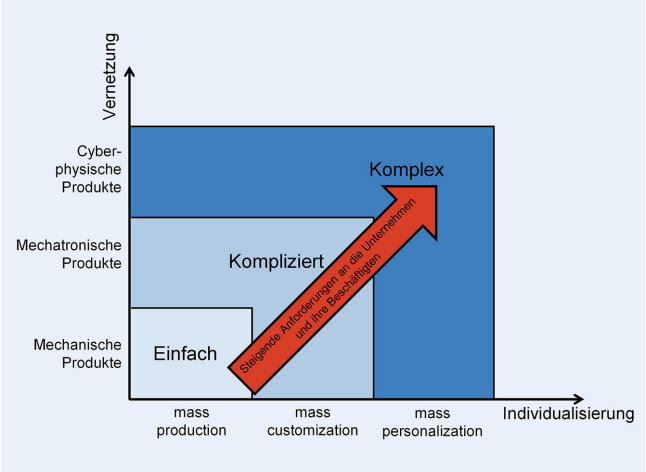


Bild. Steigende Komplexität der Produkte aufgrund Personalisierung und Massenfertigung. *Grafik: [6, 7]*

Der Grund dafür ist, dass personalisierte Produkte zusätzlich miteinander vernetzt sind, da zum Beispiel die Meinung der Kund*innen in die Entwicklung der Produkte einfließt [6, 7]. Treibende Kraft hierbei sind emotionale Faktoren, denn mit dem Grad der Erfüllung individueller (customization) und personalisierter Produktanforderungen sind positive Emotionen verbunden (Aha-Erlebnisse, Zufriedenheit, Überraschung, Freude etc.). So wird durch zunehmende Personalisierung die Kund*innen-Bindung gestärkt und neue Nutzer*innen-Gruppen können gewonnen werden. Insbesondere kleinere Unternehmen wie Start-ups können davon profitieren, indem sie sich mithilfe von Personalisierung eine Nische im Markt suchen oder sich von bestehenden Wettbewerber*innen abheben.

Im Leistungszentrum sind Ausgründungen und Start-ups im Bereich der Personalisierung eine wichtige Säule und werden durch Events gezielt unterstützt. So platzieren Unternehmen das Thema Personalisierung in ganz unterschiedlichen Anwendungsbereichen und setzen diese entsprechend um. Das Unternehmen Skinmade [8] befasst sich seit seiner Gründung 2018 mit personalisierter Gesichtspflege. Hierzu werden produktions- und ingenieurwissenschaftliches Know-how mit dermo-pharmazeutischem Wissen zusammengebracht. Das Unternehmen Personomic [9] verbindet additive Fertigung (3D-Druck) mit neuen Materialien zu personalisierten Fahrradgriffen und beantwortet damit Fragen der individuellen Ergonomie im Rahmen der Gesundheitsvorsorge. Elliptic Squares entwickelt nutzerintegrierte, KI-basierte Kollaborationsplattformen zur Unterstützung schneller Innovationen im Kontext der Personalisierung. Diese Beispiele verdeutlichen die Breite des Themas und die damit verbundenen Herausforderungen für Unternehmen. Diese wurden bereits in einer ersten Studie des Leistungszentrums gemeinsam mit Industriepartnern erhoben [4].

3 Beschreibung des Vorgehens

Im Rahmen einer explorativen Studie wurden qualitative Interviews mit 18 Expert*innen aus unterschiedlichen Industriezweigen geführt, wie beispielsweise Medizintechnik, Maschinen- und Anlagenbau, Softwareentwicklung sowie Dienstleister*innen für Produktionsprozesse. In einem einstündigen leitfadengestützten Interview wurden die Expert*innen aus der Industrie zu verschiedenen Themenbereichen der Personalisierung befragt. Das Interview gliederte sich in folgende Abschnitte:

- Allgemeines Verständnis der Personalisierung der Unternehmen (4.1)
- Strategischer Einsatz von Personalisierung in Unternehmen (4.2)
- Personalisierung als Differenzierung im Wettbewerb (4.3)
- Verwendung von Personalisierung im Marketing (4.4)
- Rolle der Personalisierung in der Produktentwicklung (4.5)
- Berücksichtigung der Personalisierung im Produktionsprozess 4.6)
- Adressierung individueller Nutzerbedürfnisse (4.7)
- Unterstützung im Aftersales von personalisierten Produkten (4.8)
- Voraussetzungen und Kompetenzen zur Realisierung personalisierter Produkte (4.9)

4 Ergebnisse der Expert*innen-Befragung

4.1 Allgemeines Verständnis der Personalisierung der Unternehmen

Personalisierung bedeutet für die befragten Unternehmen auf der einen Seite ein individualisierbares Produkt mit hoher Funktionalität und auf der anderen Seite einen umfassenden Identifizierungsgrad für Kund*innen. Laut Experte 1 fordern Kund*innen personalisierte Produkte und Unternehmen müssen sich mit den Ansätzen der Personalisierung auseinandersetzen, um ihre Attraktivität zu behalten. Für die Unternehmen selbst eröffnen sich dadurch neue Nutzer- und Marktpotenziale, denn durch Anpassung von Primär- und Sekundärfunktionen wird eine höhere Funktionalität und Qualität des Produkts erzielt. Trotzdem stehen laut Experte 2 viele Industriepartner*innen vor der Frage: „Was bedeutet für uns personalisiert? – Ist die Auswahl aus einer Farbpalette personalisiert?“ Und Unternehmen müssen personenbezogene Daten erheben und in ihren Produktionsprozess integrieren, um Personalisierung überhaupt erst zu erlauben. Dies kann in verschiedenen Abstufungen geschehen und geht mit weiteren Fragen einher, unter anderem zum Thema Datenschutz.

4.2 Strategischer Einsatz von Personalisierung in Unternehmen

Für viele Unternehmen ermöglicht die Verankerung von Personalisierung in der Geschäftsstrategie die Erschließung neuer Märkte sowie eine Erweiterung des Produktportfolios und der Kundengruppen. Darüber hinaus äußerte sich Experte 1, dass mit Personalisierung eine nachhaltige Antwort auf die Frage „Wie können Produkte noch mehr angenommen werden?“ gefunden werden kann. Unternehmen führen Projekte im Bereich der Personalisierung durch, um die Produktakzeptanz und -nachfrage analysieren und verändern zu können. Grund hierfür ist, dass sich Personalisierung je nach Verbreitung in der Branche als Alleinstellungsmerkmal eignet und so einen wettbewerblichen Vorsprung erlaubt. 13 von 18 Expert*innen sehen erweiterte Marktchancen durch Personalisierung und wollen diese für sich nutzen. Personalisierungsansätze ermöglichen es, Kund*innen in ihrer Problemstellung aufzufangen, individuell anzusprechen und mittels standardisierter Methoden und Prozesse ein individuelles Ergebnis mit hoher Qualität zu erzeugen. Beispiele sind hierzu laut Experte 3 die Wiederverwendung von Standardprodukten

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-77 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - (cc) BY

oder die Schaffung eines Mehrwerts durch die personalisierte Anpassung an Kund*innen.

Des Weiteren kann durch die individuelle Erweiterung von Standardprodukten eine erhöhte Wertgenerierung herbeigeführt, das Produktportfolio erweitert und neue Kund*innen akquiriert werden. Darüber hinaus kann Personalisierung mit Nachhaltigkeitspotenzialen verbunden werden, zum Beispiel weil ein individuell angepasstes Produkt eine bessere Haltbarkeit verspricht und sich der Produktlebenszyklus verlängert [10].

4.3 Personalisierung als Differenzierung im Wettbewerb

Für Unternehmen wird es immer wichtiger, sich mit Personalisierung zu beschäftigen, um für Kunden*innen attraktiv zu bleiben und sich von der Konkurrenz abzuheben. Laut Experte 4 gibt es „[…] viele Claims mit Personalisierung, bei denen sie aber nicht dahintersteckt. [Der] Kunde nimmt dies dennoch war, wodurch sich Unternehmen dennoch differenzieren können." Das bedeutet, Branchen deklarieren ein Produkt als personalisiert, obwohl es sich um ein „Standardprodukt" und damit nicht um ein personalisiertes Produkt handelt. Ebenso wurde von Experte 4 darauf hingewiesen, dass Unternehmen das Label der Personalisierung nutzen, es aber nicht tiefergehend verfolgen. Dabei sind Datenaufnahme- und Fertigungsprozesse ein Differenzierungsmerkmal unter Wettbewerber*innen. Beispielweise bedienen sich produzierende Unternehmen modularer Bausteine oder führen personenbezogene Scans durch. Im Dienstleistungssektor dagegen bietet nahezu jedes Unternehmen personalisierte Produkte an.

4.4 Verwendung von Personalisierung im Marketing

Die Unternehmen versehen ihre Produkte mit dem Label „Personalisierung", unabhängig von der individuellen Abstufung, und nutzen dies als Verkaufsargument. 10 von 18 Unternehmen nutzen den Personalisierungsansatz, um den Verkauf ihrer Produkte zu fördern, denn Personalisierung kann das Bedürfnis nach etwas Besonderen erfüllen. Die Vermarktung von personalisierten Produkten ist unabhängig von der Produktart. Breit gestreute Produktarten werden mit dem Label „personalisiert oder individualisiert" beworben, darunter zum Beispiel physische Produkte aus der Kosmetik-, Medizintechnik-, Maschinenbaubranche aber auch Produkte aus den Beratungssektoren im Marketing-, Strategie- und Konstruktion. Expertin 5 ist der Meinung, dass, resultierend aus der Komplexität des Produkts, Unternehmen zunehmend eine „individuelle Kundenansprache" benötigen, aber nur jede*r dritte Befragte nutzt Verhaltensdaten der Kund*innen und eine personalisierte Kundenansprache. Durch personalisierte Kundenansprache und insbesondere das aktive Bewerben von Produkten mit spezifischen Formulierungen werden die Nutzer*innen in den Vordergrund gestellt. Dies erzeugt bei den Kund*innen eine bessere Identifizierung mit dem Produkt.

4.5 Rolle der Personalisierung in der Produktentwicklung

Personalisierung in der Produktentwicklung erfolgt durch eine frühzeitige Einbindung der jeweiligen Kund*innen im Business-to-Business (B2B) und Business-to-Consumer (B2C) Bereich. Im B2C Bereich werden Kund*innen frühzeitig in den Produktentwicklungsprozess einbezogen, dabei wird besonders am Anfang und Ende des Prozesses personenspezifischer Input integriert. Den Kern bildet ein standardisierter Entwicklungsprozess, der die Skalierbarkeit des personalisierten Geschäftsmodells ermöglicht. Im B2B-Bereich erfolgt die frühzeitige Kundenintegration durch eine systematische Aufbereitung historischer Kundenänderungen sowie durch eine Erhöhung der Fertigungstiefe: Experte 6 verfolgt daher den Ansatz, frühzeitig in die Entwicklung einzusteigen und nicht nur die reine Fertigung zu übernehmen. Damit möchte sich das Unternehmen um Experte 6 einen Ruf aufbauen, sodass Kund*innen in der Branche aktiv auf das Unternehmen zugehen.

4.6 Berücksichtigung der Personalisierung im Produktionsprozess

Eine Personalisierung im Produktionsprozess über einen online zugänglichen Produktkonfigurator wird von den befragten Personen erst teilweise ermöglicht, 8 von 18 befragten Expert*innen bieten eine solche Möglichkeit derzeit noch nicht an. Laut Expert*innen-Aussagen ist eine steigende Nachfrage nach Produktkonfiguratoren in der personalisierten Produktion wahrzunehmen, auch wenn diese nicht für alle Produkte effizient umsetzbar sind. Derzeit werden Produktkonfiguratoren für die Integration kundenspezifischer Maße, die Auswahl bestimmter Komponenten sowie zur Unterstützung des Kaufprozesses eingesetzt. Der Umfang der Automatisierung im Anpassungsprozess hat große Auswirkungen auf die entstehenden Kosten im Produktionsprozess: So kann eine Anpassung, die von einem parametrischen Modell erfasst wird, kostenneutral und innerhalb von Sekunden automatisch umgesetzt werden. Eine darüberhinausgehende Individualisierung hat hingegen einen erhöhten Mehraufwand zur Folge. Der Mehraufwand erhöht die Komplexität in der Fertigung und Nacharbeitung und wirkt sich dadurch auf die Produktionskosten aus.

Eine Personalisierung im Produktionsprozess benötigt somit eine flexible Produktion. Ein Drittel der befragten Expert*innen berichtet, dass sie in der Lage sind, Produktvarianten in beliebiger Reihenfolge zu fertigen. Ermöglicht wird dies durch einen hohen Grad an Automatisierung und Standardisierung, moderne Fertigungstechnologien sowie eine hohe Anzahl an Maschinen.

4.7 Adressierung individueller Nutzerbedürfnisse

Produkt und produktbegleitende Dienstleistungen gehen unter den befragten Expert*innen hauptsächlich auf funktionale sowie visuelle Bedürfnisse der Nutzer*innen ein. Produktbegleitende Dienstleistungen im Umfeld von personalisierten Produkten werden von 7 der 18 befragten Unternehmen angeboten. Diese erweitern bestehende Produkte, zum Beispiel in Form einer zusätzlichen Erfassung von Ernährungs- und Bewegungsdaten oder im Kontext von Wartungs- und Serviceangeboten. Darüber hinaus lassen sich aber auch zusätzliche (separate) Leistungsangebote generieren, wie zum Beispiel eine Therapie-App oder digitale Services für die Produktion (B2B) oder die Produktnutzung (B2C). Hier können IIoT-Plattformen also die Personalisierung also unterstützen.

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-77 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY

4.8 Unterstützung im Aftersales von personalisierten Produkten

Zwei Drittel der befragten Expert*innen unterstützen ihre Kund*innen auch nach dem Kaufprozess. Dabei werden zusätzliche produktbegleitende Informationen, ergänzende Beratungsleistungen und physische Veränderungen am Produkt angeboten, wie etwa eine nachträgliche Anpassung oder modulare Erweiterung. Weitergehende Anpassungen am Produkt sind im Vergleich zu traditionellen, nicht personalisierten Produkten aufgrund der höheren Komplexität nicht immer möglich. Die Aussagen der Expert*innen bezüglich der nachträglichen Anpassung variieren stark, da diese sehr produktspezifisch sind.

4.9 Voraussetzungen und Kompetenzen zur Realisierung personalisierter Produkte

Die Entwicklung und Gestaltung personalisierter Produkte erfordern laut 10 von 18 Expert*innen umfassende Kompetenzen der beteiligten Beschäftigten im Unternehmen. Die Expert*innen gaben vereinzelt an, dass hierfür soziale, psychologische und fachliche Kompetenzen benötigt werden, um Analysen der Bedürfnisse, Präferenzen und Anforderungen der Kund*innen durchführen zu können. Neben tiefgreifenden branchenspezifischen Kenntnissen, zum Beispiel zum Herstellungsprozess, sind zusätzliches Wissen zur Digitalisierung sowie Einblick in die Bedürfnisse der Kund*innen erforderlich. Dabei bedarf es insbesondere auch eines Verständnisses der Customer Intimacy und der Frage, wie diese implementiert und geschützt werden kann.

5 Zusammenfassung und Ausblick

Die Expert*innen-Befragung verdeutlicht, dass Personalisierung den Unternehmen eine Möglichkeit bietet, aufkommende Marktchancen zu nutzen, die Produktakzeptanz und -qualität für die Kund*innen aufrechtzuerhalten und sich gegenüber Wettbewerbern zu differenzieren. Der Begriff der Personalisierung wird von jedem zweiten befragten Unternehmen für Marketingzwecke verwendet, wobei der Grad der Personalisierung von gar nicht bis vollständig variiert. Erst durch die Etablierung neuer Produktentwicklung- und Fertigungsprozesse wird Personalisierung ermöglicht. Die Produktentwicklung verändert sich dahingehend, dass eine frühzeitige Einbindung von Kund*innen im B2B- als auch im B2C-Bereich fokussiert werden muss. Die Kundenintegration wird zunehmend über Produktkonfiguratoren im Produktentwicklungsprozess in Abhängigkeit der Produktspezifika ermöglicht. Einen hohen Grad an Automatisierung und Standardisierung in den Fertigungsprozessen sowie moderne Fertigungstechnologien und eine hohe Anzahl an Maschinen ermöglichen einen flexiblen Produktionsprozess, welcher für die Fertigung von personalisierten Produkten erforderlich ist.

Die Interviews verdeutlichen die gestiegenen Anforderungen an Fachkräfte in den verschiedenen Branchen. Es werden neue Kompetenzen benötigt, um mit der neuen Produktkomplexität umgehen zu können. Insbesondere der Auf- und Ausbau von Transformationskompetenzen (Innovationskompetenz, Veränderungsfähigkeit, Urteilsfähigkeit, Dialog- und Konfliktfähigkeit, Missionsorientierung) wird zukünftig für Unternehmen wettbewerbsentscheidend sein [11].

Vor diesem Hintergrund sollen im weiteren Projektverlauf die gewonnenen Erkenntnisse und Hypothesen mittels einer Online-Befragung validiert werden. Ziel ist es, einen ganzheitlichen Blick auf die aktuelle Situation der DACH-Region zum Thema Personalisierung zu erhalten und Motive sowie Hemmnisse zu identifizieren. So sollen Unternehmen und Wirtschaft gezielt unterstützt und Handlungsempfehlungen für Verbände und Fördergeber*innen gegeben werden.

Literatur

[1] Schoblik, J.; Richter, A.; Kölmel, B. et al.: Mass Customization. Was ist das? Internet: https://digitalhub-nordschwarzwald.de/wp-content/uploads/2020/09/Wissensportion_Mass_Customization.pdf. Zugriff am 12.12.2022

[2] Wehner, D.; Demont, A.; Paulus-Rohmer, D.: Fazit und Ausblick. In: Bauer, W.; Leistner, P.; Schenke-Layland, K. et al. (Hrsg.): Mass Personalization. Mit personalisierten Produkten zum „Business to User" (B2U). Stuttgart: IRB 2016, S. 184–187

[3] Stüber, E.; Hudetz, K. (Hrsg.): Praxis der Personalisierung im Handel. Mit zeitgemäßen E-Commerce-Konzepten Umsatz und Kundenwert steigern. Wiesbaden, Heidelberg: Springer Gabler 2017

[4] Bauer, W.; Leistner, P.; Schenke-Layland, K. et al. (Hrsg.): Mass Personalization. Mit personalisierten Produkten zum „Business to User" (B2U). Stuttgart: IRB 2016

[5] Bauernhansl, T.; Tzempetonidou, M.; Rossmeissl, T. et al.: Requirements for designing a cyber-physical system for competence development. Procedia Manufacturing 23 (2018), S. 201–206

[6] Bauernhansl, T.; Siegert, J.; Groß, E. et al.: Kompetenzbildung in der Wertschöpfung. Konflikt und Notwendigkeit bei der Interaktion zwischen Mensch und Maschine. wt Werkstattstechnik online 104 (2014) 11/12, S. 776–780

[7] Groß, E.; Siegert, J.; Bauernhansl, T.: Changing requirements of competence building due to an increase of personalized products. Procedia Manufacturing 7th Conference on Learning Factories, CLF 2017 (2017) 9, S. 291–298

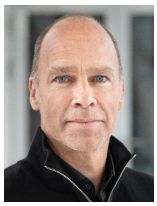
[8] Balzer, V.; Rüther, L.: skinmade.de. Deine Hautprobleme. Unsere personalisierte Gesichtspflege. Internet: https://www.skinmade.de/. Zugriff am 09.12.2022

[9] Eichinger, P.; Renninger, C.; Schulz, A.: personomic.de. Fahre komfortabler als je zuvor. Internet: https://www.personomic.de. Zugriff am 09.12.2022

[10] Briem, A.-K.; Betten, T.; Held, M. et al.: Environmental Sustainability in the Context of Mass Personalisation – Quantification of the Carbon Footprint with Life Cycle Assessment. International Journal of Industrial Engineering and Management 10 (2019) 2, S. 171–180

[11] Meyer-Guckel, V.; Hieronimus, S.: Hochschulbildung in der Transformation. Ein Fazit nach 10 Jahren Bildungsinitiative. Essen: Edition Stifterverband 2022

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-77 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access - CC BY



Prof. Dr.-Ing. **Thomas Bauernhansl**
Foto: Fraunhofer IPA

Dr.-Ing. **Erwin Gross**

Franziska Mais, M. Sc.

Peter Schrader, M. Sc.

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik
und Automatisierung IPA
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
erwin.gross@ipa.fraunhofer.de
www.ipa.fraunhofer.de

Ann-Kathrin Briem, M. Sc.

Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
ann-kathrin.briem@ibp.fraunhofer.de
www.ibp.fraunhofer.de

Dr.-Ing. **Manfred Dangelmaier**

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft
und Organisation IAO
Nobelstr.12, 70569 Stuttgart
manfred.dangelmaier@iao.fraunhofer.de
www.iao.fraunhofer.de

Nadja Hildebrandt, M. A.

Sabine Krieg, MBA

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-
und Bioverfahrenstechnik IGB
Nobelstr. 12, 70569 Stuttgart
nadja.hildebrandt@igb.fraunhofer.de
www.igb.fraunhofer.de

Dipl.-Biol. t. o. **Janina Ulmer**

Institut für Grenzflächenverfahrenstechnik
und Plasmatechnologie
Universität Stuttgart
Allmandring 5b, 70569 Stuttgart
janina.ulmer@igvp.uni-stuttgart.de
www.igvp.uni-stuttgart.de

LIZENZ

Dieser Fachaufsatz steht unter der Lizenz Creative Commons Namensnennung 4.0 International (CC BY 4.0)

https://doi.org/10.37544/1436-4980-2023-04-77 https://www.inlibra.com/de/page/agb - Open Access -