



zen zu können. In diesem Zusammenhang kommt auch der bereits laufenden Camperweiterung durch den Forschungsbau „Skalierbare Produktionssysteme der

Zukunft (scale)“, die bis 2023 abgeschlossen sein soll, eine wichtige Rolle zu.

DIE WIGEP IN HANNOVER

Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer
Institut für Produktentwicklung und Gerätebau

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll
Institut für Maschinenkonstruktion und Tribologie

Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek
Institut für Dynamik und Schwingungen

Anschrift für alle drei Institute:
Leibniz Universität Hannover
An der Universität 1
30823 Garbsen

Autor und Ansprechpartner :
Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek

Copyright der Bilder:
Fakultät Maschinenbau,
Leibniz Universität Hannover
Portraitfotograf: Christian Wyrwa

Sampling-basierte Toleranz-Kosten-Optimierung

Eine optimierungsbasierte Methode zur Vergabe kostenminimaler Toleranzen

Der internationale Wettbewerb in hochdynamischen Märkten setzt Unternehmen immer mehr unter Kosten-, Zeit- und Qualitätsdruck. Um den hohen Anforderungen bereits frühzeitig in der Produktentwicklung gerecht zu werden, wird dem durchgängigen Einsatz des integrativen Toleranzmanagements eine immer größere Bedeutung zuteil. Zwar verfolgt die Toleranzvergabe nach wie vor primär das Ziel, die Funktionserfüllung der gesamten Baugruppe durch Einschränkung unvermeidbarer Einzelteilabweichungen sicherzustellen, andererseits gewinnen die damit indirekt festgelegten Herstellkosten zunehmend an Bedeutung. In der Praxis ist es allerdings immer noch üblich, Toleranzwerte gemäß dem qualitativen Leitsatz „Toleranzen so weit wie möglich, aber so eng wie nötig“ iterativ auf Basis von Toleranzanalyseergebnissen aber ohne Einbezug quantitativer Kosteninformationen festzulegen [1]. Durch diese zwar einfach anwendbare, jedoch manuelle und unstrukturierte Vorgehensweise lässt sich das globale Kostenoptimum keineswegs erreichen.

OPTIMIERUNGSBASIERTE TOLERANZVERGABE

Die Toleranz-Kosten-Optimierung hingegen formuliert die Suche nach geeigneten Toleranzwerten als mathematisches Optimierungsproblem. Leistungsfähige Optimierungsalgorithmen übernehmen dabei die Lösung des Zielkonflikts von Kosten und Funktionserfüllung (siehe Bild 1). Auf Basis einer initialen Toleranzspezifikation werden

die Toleranzwerte der Einzelbauteile durch den Optimierer iterativ solange angepasst bis

- diese in Kombination die geringsten Herstellkosten verursachen,
- jedoch zugleich die Einhaltung der geforderten Produktqualität gewährleisten.

Zur Beurteilung der Auswirkungen der vergebenen Toleranzen auf die resultierenden Kosten kommen sogenannte Toleranz-Kosten-Modelle zum Einsatz, welche die Gesamtkosten als Summe der Einzelkosten mit Hilfe einzelner Toleranz-Kosten-Zusammenhänge bestimmen (siehe Bild 1, links) und als Zielfunktion in der Optimierung minimiert werden.

Damit die Toleranzen nur so weit gewählt werden, dass diese noch die Funktionserfüllung sicherstellen können, sind Nebenbedingungen erforderlich. Hierfür kommt die Toleranzanalyse zum Einsatz, welche in jedem Optimierungsschritt prüft, ob dies mit der aktuellen Kombination an Toleranzwerten erreicht werden kann. Samplingverfahren, wie z. B. die Monte Carlo Simulation oder das Latin Hypercube Sampling, haben sich aufgrund ihrer universellen Anwendbarkeit in der Forschung und Industrie etabliert und stellen die Grundlage zahlreicher kommerzieller Software dar. Die statistische Toleranzanalyse schätzt auf Basis statistischer Verteilungen der Einzelbauteilmerkmale eine resultierende Verteilung des funktionsrelevanten Baugruppenmerkmals, auch Schließmaß genannt, wie z. B. zur Prüfung der Länge Y (siehe Bild 1, rechts). [1]

Diese dient als Grundlage zur anschließenden Beurteilung der Funktionserfüllung mit Hilfe statistischer Kennwerte. Hierbei hat sich die in der Industrie übliche Ausschussrate etabliert, welche den Anteil nicht-funktionsfähiger Baugruppen in parts per million (ppm) angibt. Baugruppen gelten dabei als nicht konform, wenn diese die vorgegebenen unteren und/oder oberen Spezifikationsgrenzen überschreiten [2].

Während die Grundidee der optimierungsbasierten Toleranzvergabe bereits Mitte des 20ten Jahrhunderts aufkam, werden Samplingverfahren erst seit wenigen Jahren in die Toleranz-Kosten-Optimierung integriert. Erst die Verfügbarkeit metaheuristischer, problemunabhängig anwendbarer Optimierungsalgorithmen und die in den letzten Jahren rasant gestiegenen Rechenleistungen ermöglichen eine valide Anwendung der Sampling-basierten Toleranz-Kosten-Optimierung. Dies erlaubt eine deutlich realitätsgetreuere Abbildung praxisrelevanter Problemstellungen. [1]

HERAUSFORDERUNGEN

Neben dem Rückgriff auf aussagekräftige Kostenmodelle [3] ist eine hinreichend genaue Modellbildung in der Toleranzanalyse eine elementare Voraussetzung für die Ermittlung verlässlicher Optimierungsergebnisse. Oftmals werden jedoch gerade in der Literatur die Anwendungsfälle stark abstrahiert. Folglich wird dadurch das reale Verhalten im Betrieb nicht hinreichend genau in der Optimierung abgebildet, wodurch ihre Aussagekraft stark einge-

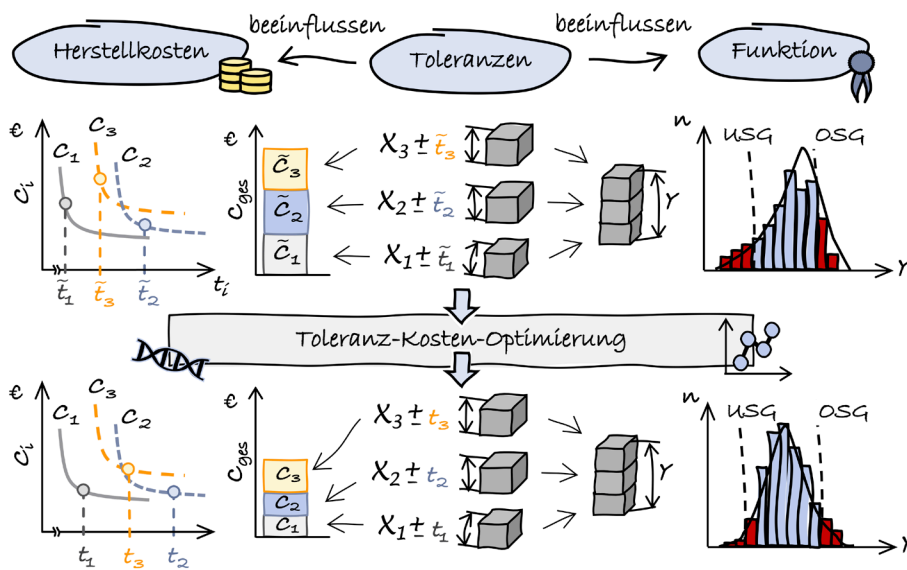


Bild 1: Grundidee der Toleranz-Kosten-Optimierung zur Festlegung kostenoptimaler Toleranzwerte.

beschränkt ist. Aus diesem Grund beschäftigt sich der Lehrstuhl für Konstruktionstechnik KTmfk der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg verstärkt mit der realitätsnahen Abbildung komplexer Baugruppen in der Toleranz-Kosten-Optimierung, die sich je nach Anwendungsfall stark unterscheiden kann. Dies schließt neben rein statischen Baugruppen auch bewegte Mechanismen, unter- und überbestimmte Systeme ein.

So sind beispielsweise für bereits vergleichsweise einfache Baugruppen oftmals mehrere, voneinander abhängige Schließmaße zur Erfüllung eines übergeordneten Funktionskriteriums notwendig, was zu Korrelationen führt und eine Anpassung der Definition des Optimierungsproblems erfordert [4]. Für die Optimierung bewegter, zeitabhängiger Mechanismen bedarf es außerdem geeignete Methoden, welche die Absicherung der Funktionserfüllung für den gesamten Bewegungsverlauf erlauben [5].

Das bewusste Offenlassen von Freiheitsgraden in unterbestimmten Baugruppen hat zur Folge, dass sich abweichungsbefahene Bauteile unterschiedlich ausrichten können. Dies führt zu unterschiedlichen Baugruppenkonfigurationen oder auch Montageproblemen. [6] Überbestimmte Baugruppen sind dadurch gekennzeichnet, dass Freiheitsgrade bewusst mehrfach eingeschränkt werden, wodurch auftretende Bauteilverformungen starken Einfluss auf die Funktionserfüllung haben können. Hier-

bei spielen stets interne und externe, oftmals stark wechselwirkende Einflüsse, wie Kräfte oder Temperatur, eine wichtige Rolle, die sich neben Bauteilabweichungen auf die Funktionserfüllung der Baugruppe im Betrieb auswirken und bei der Optimierung berücksichtigt oder auch zusätzlich toleriert werden müssen. [1]

Dabei schließt die Erweiterung der Toleranz-Kosten-Optimierung um neue Anwendungsfälle stets die Weiter- und Neuentwicklung valider Methoden zur Schätzung der Ausschussrate ein [2, 4, 6]. Da für eine aussagekräftige, verlässliche Vorhersage kleiner ppm-Vorgaben sehr hohe Stichprobenzahlen erforderlich sind [2], stoßen moderne Rechner trotz ihrer hohen Rechenleistungen oftmals an ihre Grenzen. Dies erfordert den Einsatz mathematischer Ersatzmodelle bzw. Metamodelle, um die Rechenzeit auf ein vertretbares Maß zu reduzieren [6].

AKTUELLE HÜRDEN UND VISIONEN

Trotz der bereits erreichten, wissenschaftlichen Erfolge wird das Potential der Toleranz-Kosten-Optimierung vor allem im industriellen Umfeld bislang nur selten genutzt [1]. Dies lässt sich unter anderem auf die derzeit fehlenden Strategien und Methoden zum Umgang mit Form- und Lagetoleranzen, zur effizienten Erhebung der Kosteninformationen sowie zur Verknüpfung der zahlreichen Einzelmethoden

zurückführen. Zudem setzt die Anwendung der interdisziplinären Methode nicht nur fundiertes Wissen aus der Produktentwicklung und Fertigungstechnik, sondern auch vertiefte Kenntnisse in der Optimierung und Programmierung voraus. Folglich kann diese derzeit lediglich von wenigen Toleranzexperten und -expertinnen eingesetzt werden.

Die Überwindung dieser aktuellen Hürden stellt letztendlich die Weichen zur industriellen Etablierung der Toleranz-Kosten-Optimierung, die bislang ungenutzte Kostenpotentiale ausschöpfen lässt und dadurch Unternehmen einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil im stetig verschärfenden Konkurrenzkampf verschafft.

DANKSAGUNGEN

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Förderung des Forschungsprojekts „Toleranzoptimierung statisch unter- und überbestimmter Baugruppen“ (DFG-WA 2913/25-1).

Literatur

- [1] Hallmann M, Schleich B, Wartzack S (2020) From tolerance allocation to tolerance-cost optimization: a comprehensive literature review. *Int J Adv Manuf Technol* 107(11-12):4859–4912. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05254-5>
- [2] Hallmann M, Schleich B, Heling B, Aschenbrenner A, Wartzack S (2018) Comparison of different methods for scrap rate estimation in sampling-based tolerance-cost-optimization. *Procedia CIRP* 75:51–56. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2018.01.005>
- [3] Brückner K, Storch M, Hallmann M, Heling B, Schleich B, Wartzack S (2019) Ansatz zur Ermittlung von Toleranz-Kosten-Kurven in der Serienproduktion. *Konstruktion* 71:84–90.
- [4] Hallmann M, Schleich B, Wartzack S (2020) Sampling-based Tolerance-Cost Optimization of Systems with Interrelated Key Characteristics. *Procedia CIRP* 91:87–92. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2020.02.153>
- [5] Walter MSJ, Spruegel TC, Wartzack S (2015) Least Cost Tolerance Allocation for Systems with Time-variant Deviations. *Procedia CIRP* 27:1–9. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.04.035>
- [6] Hallmann M, Schleich B, Wartzack S

Veranstaltungskalender

XING-Gruppe

Die XING-Gruppe der WiGeP:



Vernetzen auch Sie sich!

- 9. bis 11. März 2021, virtual live venue
ATK 2021: Drive Train Technology Conference
- 23. und 24. März 2021, Ettlingen bei Karlsruhe
VDI-Facht. Kupplungen und Kupplungssysteme in Antrieben 2021
- 27. und 28. April 2021, Nürtingen
30. VDI-Fachtagung Technische Zuverlässigkeit 2021
- 3. und 4. März 2021, Schweinfurt
14. VDI-Fachtagung Gleit- und Wälzlagerungen 2021
- 14. bis 18. Juni 2021, Göteborg, Schweden
International Summer School on Product Architecture Design
- 17. und 18. Juni 2021, Dresden
Entwerfen Entwickeln Erleben
- 15. und 17. September 2021, München
International Conference on Gears 2021

Vorstand/Anschriften:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche (Geschäftsführer)	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause (Sprecher für Methoden & Prozesse in der Produktentwicklung)	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen (Sprecher für Lehre & Weiterbildung)	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl (Sprecher für Methoden & Prozesse in der Produktentwicklung)	Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack (Sprecher für Virtuelle Produktentwicklung)
Institut für Maschinenelemente Universität Stuttgart	Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik Technische Universität Hamburg	IPEK - Institut für Produktentwicklung Karlsruher Institut für Technologie	Lehrstuhl für Maschinenelemente (FZG) Technische Universität München	Lehrstuhl für Konstruktionstechnik Universität Erlangen
Pfaffenwaldring 9 70569 Stuttgart	Denickestraße 17 21073 Hamburg	Kaiserstraße 10 76131 Karlsruhe	Boltzmannstraße 15 85748 Garching bei München	Martensstraße 9 91058 Erlangen
Tel.: +49 (0) 711 685 66 165 Fax: +49 (0) 711 685 66 319	Tel.: +49 (0) 40 42878 3231 Fax: +49 (0) 40 42878 2296	Tel.: +49 (0) 721 608 47156 Fax: +49 (0) 721 608 46051	Tel.: +49 (0) 89 289 158 05 Fax: +49 (0) 89 285 158 08	Tel.: +49 (0) 9131 85 27987 Fax: +49 (0) 9131 85 27988
E-Mail: bertsche@ima.uni-stuttgart.de	E-Mail: krause@tuhh.de	E-Mail: sven.matthiesen@kit.edu	E-Mail: stahl@fzg.mw.tum.de	E-Mail: wartzack@mfk.uni-erlangen.de

Ordentliche Mitglieder:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Abramovici (Ruhr-Universität Bochum), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Albert Albers (Karlsruher Institut für Technologie), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl (TU Darmstadt), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Beate Bender (Ruhr-Universität Bochum), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Bertsche (Universität Stuttgart), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz (Universität Stuttgart), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Lucienne Blessing (Singapore University of Technology and Design), Univ.-Prof. Dr. sc. techn. Paolo Ermanni (ETH Zürich), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Feldhusen (RWTH Aachen), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier (Universität Paderborn), Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Detlef Gerhard (TU Wien), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietmar Göhlich (TU Berlin), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Iris Gräßler (Universität Paderborn), Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Hannes Hick (TU Graz), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Jacobs (RWTH Aachen), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Eckhard Kirchner (TU Darmstadt), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulf Kletzin (TU Ilmenau), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dieter Krause (TU Hamburg), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Roland Lachmayer (Leibniz Universität Hannover), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Robert Liebich (TU Berlin), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Armin Lohrengel (TU Clausthal), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Mantwill (Helmut-Schmidt-Universität Hamburg), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sven Matthiesen (Karlsruher Institut für Technologie), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Mirko Meboldt (ETH Zürich), Univ.-Prof. Dr. Athanasios Mihailidis (Aristotle University of Thessaloniki), Univ.-Prof. Dr. Dr.-Ing. Dr. h.c. Jivka Ovtcharova (Karlsruher Institut für Technologie), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Kristin Paetzold (Universität der Bundeswehr München), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gerhard Poll (Leibniz Universität Hannover), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Frank Rieg (Universität Bayreuth), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Bernd Sauer (TU Kaiserslautern), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler (RWTH Aachen), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Berthold Schlecht (TU Dresden), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Hubert Schwarze (TU Clausthal), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. Dieter Spath (Universität Stuttgart), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Karsten Stahl (TU München), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rainer Stark (TU Berlin), Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Ralph Stelzer (TU Dresden), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Peter Tenberge (Ruhr Universität Bochum), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Klaus-Dieter Thoben (Universität Bremen), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Thomas Vietor (TU Braunschweig), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Wallaschek (Leibniz Universität Hannover), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Sandro Wartzack (Universität Erlangen), Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Michael Weigand (TU Wien), Univ.-Prof. DI Dr. Klaus Zeman (Johannes Kepler Universität Linz), Univ.-Prof. Dr.-Ing. Detmar Zimmer (Universität Paderborn).

Mitglieder im Ruhestand:

Prof. Dr.-Ing. Fatih C. Babalik (Uludag Üniversitesi), Prof. Dr. h.c. Dr. h.c. Dr.-Ing. Herbert Birkhofer (TU Darmstadt), Prof. Dr. rer. nat. C. Werner Dankwort (TU Kaiserslautern), Prof. Dr.-Ing. Ludger Deters (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), Prof. Dr.-Ing. Klaus Ehrlenspiel (TU München), Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner (TU Kaiserslautern), Prof. Dr.-Ing. Dierk-Götz Feldmann (TU Hamburg), Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Franke (TU Braunschweig), Prof. Dr.-Ing. Peter W. Gold (RWTH Aachen), Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinrich Grote (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), Prof. Dr.-Ing. Rudolf Haller (Universität Karlsruhe), Prof. Dr.-Ing. Bernd-Robert Höhn (TU München), Prof. Dr.-Ing. habil. Guenter Höhne (TU Ilmenau), Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Franz Gustav Kollmann (TU Darmstadt), Prof. Dr.-Ing. Frank-Lothar Krause (TU Berlin), Prof. Dr.-Ing. Konrad Langenbeck (Universität Stuttgart), Prof. Dr.-Ing. Erhard Leidich (TU Chemnitz), Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann (TU München), Prof. Dr.-Ing. habil. Heinz Linke (TU Dresden), Prof. Dr.-Ing. Harald Meerckamm (Universität Erlangen-Nürnberg), Prof. Dr.-Ing. Heinz Mertens a.D. (TU Berlin), Prof. em. Dr.-Ing. Heinz Peeken (RWTH Aachen), Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart (TU München), Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Laurenz Rinder (TU Wien), Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jürgen Schorch (TU Ilmenau), Prof. Dr. Ir. Fred J.A.M. van Houten (University of Twente), Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Sándor Vajna (Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg), Prof. Dr.-Ing. Gerhard Wagner (Ruhr-Universität Bochum), Prof. Dr.-Ing. Christian Weber (TU Ilmenau), Prof. Dr.-Ing. Dieter Wüstenberg (TU Kaiserslautern).

Industriekreis:

Reinhold Achatz (Thyssen Krupp AG), Dipl.-Ing. Dirk Adamczyk (ZF Friedrichshafen AG), Urban August (Siemens PLM Software), Thomas Bayer (Wittenstein AG), Kurt Bengel (Cent AG), Dr.-Ing. Thomas Bertolini (Dr. Fritz Faulhaber GmbH & Co. KG), Dr. Markus Beukenberg (WILO SE), Dr. Hugo Blaum (GEA Refrigeration Technologies GmbH), Dr. Jörg Böcking (Vibroacoustic GmbH), Dr. Jens Cattarius (Bombardier Transportation), Dr. Rolf Döbereiner (Magna Powertrain GmbH & Co KG), Dr.-Ing. Tobias Düser (AVL Deutschland GmbH), Dr. Gunnar Ebner (Capgemini Deutschland GmbH), Dipl.-Ing. Richard Einstmann (Bechtle GmbH), Gerd Engel (Hofmann & Engel Produktentwicklungs GmbH), Dr. Michael Engelbreit (Wittenstein Alpha), Dr.-Ing. Gerd Fricke (PEKU Folien GmbH), Dr.-Ing. Matthias Gatzen (Baker Hughes, a GE Company), Roland Gerhards (ZAL - Zentrum für angewandte Luftfahrtforschung GmbH), Prof. Dr. Horst Geschka (Geschka & Partner Unternehmensberatung), Detlef Gierling (ZF Sachs AG), Dr.-Ing. Axel Gomeringer (Testo SE & Co. KGaA), Dr. Gunnar Gödecke (VULKAN Kupplungs- und Getriebbau Berhard Hackforth GmbH & Co. KG), Dipl.-Kaufm. Michael Grethler (SolidLineAG), Dr.-Ing. Willi Gründer (Tedata Gesellschaft für technische Informationssysteme), Prof. Dr.-Ing. Peter Gutzmer (SCHAEFFLER Gruppe), Dr. Siegmund Haasis (Daimler AG), Dr.-Ing. Ralf Hambrecht (Flender GmbH), Dr.-Ing. Günter Hähn (Wirtgen GmbH), Dipl.-Ing. Jörg Hartmann (Meyer Werft GmbH), Dr. Stefan Heilmann (Paul Wurth S.A.), Prof. Dr.-Ing. Dieter-Heinz Hellmann (KSB AG), Dr.-Ing. Jörg Hermes (SEW-EURODRIVE GmbH & Co. KG), Hans Huber (Mayr GmbH & Co. KG), Dr. Martin Husemann (Phi GmbH), Dr. Daniel Kähny (LS Telcom AG), Dr.-Ing. Bertram Kandziora (STIHL AG), Prof. Alfred Katzenbach (Katzenbach Executive Consulting), Dipl.-Ing. Gerhard Keller (Transcat), Prof. Dr. phil. Michael Ketting (IBAF GmbH), Karl-Ludwig Kimmig (LuK GmbH & Co. KG), Dr.-Ing. Markus Klaiber (Schunk GmbH & Co. KG), Dr.-Ing. Frank Koch (Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI), Dr.-Ing. Marcus Krastel (sem engineering methods AG), Ulrich Kreher (Elektor Airstreams GmbH), Werner Kröger (BMW AG), Dr. Sven Lorenz (Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG), Dr. Christoph Lutz (Julius Blum GmbH), Dr. Dr. Hansjörg Maier (Dr.-Ing. h.c. F. Porsche AG), Dr.-Ing. Georg Mecke (Airsbus Operations GmbH), Dr.-Ing. Eckard Menzel (INTORQ GmbH & Co. KG), Dr.-Ing. Stefan Möhringer (Simon Möhringer Anlagenbau GmbH), Dr. Ottmar Müller (Brand Group), Razvan Olosu (b1 Engineering Solutions GmbH & Co. KG), Dr. Bernd Pätzold (ProSTEP AG), Dr.-Ing. Marcus Pein (ThyssenKrupp Marine Systems GmbH), Dr.-Ing. Robert Plank (Horiba Europe GmbH), Dr.-Ing. Peter Post (Festo AG & Co. KG.), Hartmut Rauen (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA)), Prof. Dr.-Ing. Siegfried Russwurm, Dr. Olaf Schadowfsky (HILTI Entwicklungsgesellschaft mbH), Jörg Schiebel (Tyco Integrated Fire & Security), Dr. Thomas Schneider (TRUMPF Werkzeugmaschinen GmbH & Co. KG), Dr. Alfred Schreiber (C. & E. Fein GmbH), Dr.-Ing. Rudolf Schubert (Continental AG), Dr.-Ing. Andreas Siebe (SCMI Scenario Management International AG), Dr. Kristin Sittig (Volkswagen AG), Dr. Martin Stark (ms in-vcon Beteiligungs- und Beratungsgesellschaft mbH), Dr.-Ing. Frank Thielemann (UNITY AG), Dr.-Ing. Jürgen Vogt (CADFEM GmbH), Dr.-Ing. Stefan Wallmaier (KAMAX Holding GmbH & Co. KG), Dipl.-Ing. Andreas Weber (Vestas Nacelles Deutschland GmbH), Dr. Henrik Weimer (Airbus SAS), Dr. Dieter Wirths (Hettich Holding GmbH & Co. oHG), Prof. Dr.-Ing. Carl-Dieter Wuppermann (cdwuppermann innovation & strategy CDWIS), Karl Heinz Zachries (CONTACT Software GmbH), Dr.-Ing. Katharina Helten (Conti Temic microelectronic GmbH), Dr.-Ing. Carsten Burchardt (Siemens Digital Industries Software GmbH), Dr. Burkhard Pinnekamp (Renk AG), Herbert Bickelmann (Autodesk GmbH).

Stand: Oktober 2020
Internet: www.wigep.de
Auflage: 1.500 Exemplare
ISSN 1613-5504

Herausgeber: Wissenschaftliche Gesellschaft für Produktentwicklung e.V.
Redaktionsleitung und Satz:
Alexander Grundler, M.Sc.