

# Literaturverzeichnis

- Adamski, D. (2001): Komponentenbasierte Simulation mechatronischer Systeme. Dissertation. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 10, Nr. 682. VDI-Verlag, Universität Duisburg-Essen
- Adamski, D., Schuster, C. und Hiller, M. (1997). Fahrdynamiksimulation mit FASIM C++ als Beispiel für die Modellierung mechatronischer Systeme. VDI-Berichte, Band 1315, S. 117-141. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Ajluni, K. K. (1989): Rollover Potential of Vehicles on Embankments, Sideslopes, and Other Roadside Features. PUBLIC ROADS Vol. 52, No. 4, S. 107-113.
- Ammon, D. (1997): Modellbildung und Systementwicklung in der Fahrzeugdynamik. B. G. Teubner.
- Ammon, D. (2005): Vehicle Dynamics Analysis Tasks and Related Tire Simulation Challenges. *Vehicle System Dynamics* 43: 30–47.
- ATZ (2008): ATZ Extra: Der VW Golf VI. Band: D 58922, Ausgabe: September 2009, Vieweg Verlag / GWV Fachverlag GmbH.
- Auktor, E.; Schmelz, F.; Seherr-Thoss, H.-C. (2002): Gelenke und Gelenkwellen: Berechnung, Gestaltung, Anwendungen. Berlin: Springer-Verlag.
- Bardini, R.; Hiller, M.; Schuster, C.; Breunig, V.; Lang, H.-P.; Mattes, B. (1996): Developing a rollover sensing concept using multibody simulation. In Poster Presentation at 3rd International Symposium on Sophisticated Car Occupant Safety Systems, Airbag 2000. Karlsruhe, Germany.
- Bardini, R.; Hiller, M.; Schramm, D. und Herrmann, T. (1997): Einsatz der Simulation zur Entwicklung von intelligenten Rückhaltesystemen. VDI-Berichte, Band 1354, S. 405-424. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Bardini, R.; Nagelstraßer, M.; Wronn, O. (2007): Applikation, Test und Absicherung einer Überschlagsensorik am Beispiel des neuen BMW X5. In VDI-Bericht Nr. 2013, S. 149-167. VDI-Verlag, Düsseldorf, Germany.
- Bardini, R. (2008): Auslegung von Überschlagschutzsystemen für Personenkraftwagen mithilfe der Simulation. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 12 Nr. 668. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Duisburg-Essen.
- Bill, K.-H.; Breuer, B. (2006): Bremsenhandbuch: Grundlagen, Komponenten, Systeme, Fahrdynamik. GWV-Fachverlage GmbH. Wiesbaden.

- Blundell, M.; Harty, D.(2006): *The Multibody Systems Approach to Vehicle Dynamics*. Elsevier. Amsterdam, Boston.
- Bösch, P.; Ammon, D.; Klempau, F. (2002): *Reifenmodelle – Wunsch und Wirklichkeit aus der Sicht der Fahrzeugentwicklung*. 4. Darmstädter Reifenkolloquium, 17.10.2002. Fortschrittberichte VDI, Reihe 12, Nr.511.
- Brandt, T.; Bröcker, M.; Heitzer, H.-D.; Hiesgen, Gregor; Hesse, Benjamin; Schramm, D. (2008): *Linear Stability and Performance Analysis of Shared Lane Keeping between Driver and Assistance Systems*. In: *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Symposium on Advanced Vehicle Control - AVEC 2008*. Kobe, Japan (2008), S. 51-56.
- Brandt, T.; Hesse, B.; Hiesgen, G.; Schramm, D.; Unterreiner, M. (2008): *Ein Werkzeug zur frühzeitigen Integration des Fahrers in den Entwicklungsprozess von Fahrerassistenzsystemen*. In: *VDI-Berichte 2048 VDI/VW Gemeinschaftstagung Integrierte Sicherheit und Fahrerassistenzsysteme*. Wolfsburg, Deutschland (2008), S. 361-370.
- Burckhardt, M. (1991): *Fahrwerktechnik: Bremsdynamik und Pkw-Bremsanlagen*. Vogel-Verlag.
- Bürger, K.-H.; Dödelbacher, G. (1988): *Verbesserung des Fahrzeugschwingungsverhaltens durch Strukturoptimierung in der Konzeptphase*. VDI-Bericht Nr. 699.
- Coo, P. J. A. de; Wismans, J.; Niboer, J. J. (1991): *Advances in MADYMO Crash Simulations*. SAE Technical Paper Series 910879, Warrendale, USA
- Cronin, D. L. (1981). *McPherson Strut Kinematics*. Mechanism and Machine Theory, Volume 16, Issue 6, S. 631-644.
- DIN 70000 (1994), *Fahrzeugdynamik und Fahrverhalten*. Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V.
- Dugoff, H.; Fancher, P. S.; Segel, L. (1969): *Tire Performance Characteristics Affecting Vehicle Response to Steering and Braking Control Inputs*. Highway Safety Research Institute, The University of Michigan An Arbor, Michigan, USA.
- Erhardt, R. und van Zanten, A. T. (1995). *Die Regelung der Fahrdynamik im physikalischen Grenzbereich*. VDI-Berichte, Band 1224, S. 423-438. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Ersoy, M.; Heiβing, B. (Hrsg.) (2007): *Fahrwerkhandbuch: Grundlagen, Fahrdynamik, Komponenten, Systeme, Mechatronik, Perspektiven*. Wiesbaden: Vieweg.
- FAKRA (1994) *Normenausschuss Kraftfahrzeuge im DIN – Deutsches Institut für Normung e. V.: Fahrzeugdynamik und Fahrverhalten – Begriffe*. Deutsche Norm DIN 70000 ISO 8855. 1994.

- Frik, S. (1994): Untersuchungen zur erforderlichen Modellkomplexität bei der Fahrdynamiksimulation. Dissertation. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12 Nr. 208. Universität - Gesamthochschule Duisburg.
- Gaul, L.; Zastrau, B. (1989): Nichtlineare und viskoelastische Elemente in Mehrkörpersystemen. Sonderdruck zum Kolloquium des DFG-Schwerpunktes Dynamik von Mehrkörpersystemen.
- Gaus, H., Frank, J (1996) SLK – Der neue Roadster von Mercedes-Benz. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 98 10: 484-498.
- Germann, S. (1997): Modellbildung und modellgestützte Regelung der Fahrzeuglängsdynamik. Dissertation TU Darmstadt. Fortschritts-Berichte des VDI, Reihe 12, Nr. 309. VDI Verlag, Düsseldorf.
- Gillespie, T. (1992): Fundamentals of Vehicle Dynamics. Society of Automotive Engineers.
- Gipser, M. (1999): Systemdynamik und Simulation. Stuttgart: B.G. Teubner.
- Gipser, M. (2002): Ftire: ein physikalisch basiertes, anwendungsorientiertes Reifenmodell für alle wichtigen fahrdynamischen Fragestellungen, 4. Darmstädter Reifenkolloquium, Darmstadt, S.42-68.
- Göbel, E. F. (1974): Rubber Springs Design. London: Newness Butterworths.
- Gouya, M.; Nishiwaki, M. (1990): Study on disc brake groan. SAE 90007.
- Harkey, D. L. (1999): The Effect of Roadside Design on Rollover. SAE Passenger Car Rollover Topotec. San Diego, USA.
- Haß, C. (2005): Modellbasierter Systementwurf eines reversiblen mechatronischen Gurtstraffers. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 12 Nr. 599. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Duisburg-Essen.
- Haken, K.-L. (2008): Grundlagen der Kraftfahrzeugtechnik. München: Hanser.
- Heißing, B.; Müller, A. (1997) Das Fahrwerk des neuen Audi A6. Sonderausgabe ATZ und MTZ. Der neue Audi A6: 22-37.
- Brandt, T.; Hesse, B.; Hiesgen, G.; Schramm, D. (2009): Ein Fahrsimulator als Werkzeug zur frühzeitigen Eigenschaftsabsicherung von Mensch-zentrierten mechatronischen Systemen. In: Tagungsbericht Mechatronik 2009 - Komplexität beherrschen, Methoden und Lösungen aus der Praxis für die Praxis. Wiesloch, Deutschland (2009), S. 109-116.
- Hiller, M. (1983): Mechanische Systeme: Eine Einführung in die analytische Mechanik und Systemdynamik. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Hiller, M. (1989): Modeling the dynamics of a complete vehicle with nonlinear wheel suspension kinematics and elastic hinges. In IUTAM-Symposium on Dynamics of Controlled Mechanical Systems. Springer-Verlag.

- Hiller, M. (1995): Multiloop Kinematic Chains, and Dynamics of Multiloop Systems in Kinematics and Dynamics of Multi-body Systems. Eds. J. Angeles and A. Kecskemethy. Springer-Verlag, Wien, New York
- Hiller, M. (1981): Analytisch-numerische Verfahren zur Behandlung räumlicher Übertragungsmechanismen. Habilitation. Fortschrittberichte VDI-Z. Reihe 1 Nr. 76. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Stuttgart.
- Hiller, M. und Kecskeméthy, A. (1987): A computer-oriented approach for the automatic generation and solution of the equations of motion for complex mechanisms. In Proceedings of the 7th. World Congress on Theory of Machines and Mechanisms, Band 1, S. 425-430, Sevilla, Spain. IFToMM, Pergamon Press.
- Hiller, M. und Kecskeméthy, A. (1989): Equations of motion of complex multibody systems using kinematical differentials. Transactions of the Canadian Society of Mechanical Engineers, 13(4), S. 113-121.
- Hiller, M., Kecskeméthy, A. und Woernle, C. (1986): A loop-based kinematical analysis of complex mechanisms. ASME-Paper 86-DET-184, New York. Presented at the Design Engineering Technical Conference, Columbus, Ohio, 5th. to 8th. October.
- Hiller M.; Kecskeméthy A.; Woernle C.: Computergestützte Kinematik und Dynamik für Fahrzeuge, Roboter und Mechanismen. Carl-Cranz-Kurs V 1.16, Carl-Cranz-Gesellschaft, Oberpfaffenhofen, 1986,1987,1988.
- Hunt, K. H., (1990): "Kinematic Geometry of Mechanisms", Oxford: Clarendon Press.
- Hucho, W.-H. (2005): Aerodynamik des Automobils, 5. Auflage. Wiesbaden: Vieweg-Verlag.
- Isermann, R. (2008): Mechatronische Systeme – Grundlagen. Berlin, Heidelberg, New-York: Springer-Verlag
- ISO-Norm 8767 (1992): Pkw-Reifen – Methoden der Rollwiderstandsmessung.
- ISO 7401 (2003): Technical Committee ISO/TC 22, Road vehicles, Subcommittee SC 9, Vehicle dynamics and road-holding ability: Road vehicles — Lateral transient response test methods — Open-loop test methods. INTERNATIONAL STANDARD ISO 7401..
- Klingbeil, E. (1966): Tensorrechnung für Ingenieure, Bibliographisches Institut Mannheim
- Kramer, Ulrich; Neculau, Mihaela (1998): Simulationstechnik. Carl Hanser Verlag, München Wien
- Kramer, U. (2008): Kraftfahrzeugführung. München: Carl Hanser Verlag.
- Kraftfahrt-Bundesamt (2006): Pressemitteilungen - Neuzulassungen von Pkw nach Segmenten und Modellreihen. <http://www.kba.de/Stabsstelle/Presse->

- service/Pressemitteilungen/pressemitteilungen1998/SegmenteModelle/seg\_1998.htm. Seitenabruf Okt/2006.
- Kreppe, G. (1965): Experimenteller Beitrag zur Untersuchung am Kraftfahrzeugreifen. Dissertation: TH Karlsruhe.
- Keckskemethy, A. (1993): Objektorientierte Modellierung der Dynamik von Mehrkörpersystemen mit Hilfe von Übertragungselementen. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 20 Nr. 88. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Duisburg.
- Keckskeméthy, A. (1996): MOBILE - Version 1.2 - User's Guide and Reference Manual. Gerhard-Mercator-Universität - GH Duisburg, Fachgebiet Mechatronik.
- Lang, H.-P. (1997): Kinematik-Kennfelder in der objektorientierten Mehrkörpermodellierung von Fahrzeugen mit Gelenkelastizitäten. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fortschrittberichte VDI Reihe 12 Nr. 323. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Leister, G. (2009): Fahrzeugreifen und Fahrwerkentwicklung. GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden.
- Li, Hongyou (1990): Ein Verfahren zur vollständigen Lösung der Rückwärtstransformation für Industrieroboter mit allgemeiner Geometrie. Dissertation, Universität – Gesamthochschule – Duisburg.
- Magnus, K.; Müller H. H. (1974): Grundlagen der Technischen Mechanik. B.G.Teubner, Stuttgart.
- Matschinsky, W. (1987): Die Radführungen der Straßenfahrzeuge. Verlag TÜV Rheinland.
- Mitschke, M.; Wallentowitz, H. (2004): Dynamik der Kraftfahrzeuge. 4. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Mohamedshah, Y.; Council, F. (2007): Synthesis of Rollover Research. <http://www.suvdriving.net/References/Synthesis.pdf>. Seitenabruf Feb. 2007.
- Mohr-Matuschek, U. (1992): Auslegung von Kunststoff- und Elastomerformteilen mittels Finite-Element-Simulationen. Fortschrittberichte VDI, Reihe 20, Nr. 68. VDI-Verlag, Düsseldorf.
- Mödinger, W.; Bublitz, H. Grebe, K.-J.; Schulz, W.; Minning, M.; Braun, R. (1997): Das Fahrwerk des neuen A-Klasse von Daimler-Benz. Sonderausgabe ATZ und MTZ Die neue A-Klasse von Daimler-Benz: S. 102-109.
- Möller, Manfred (1992): Ein Verfahren zur automatischen Analyse der Kinematik mehrschleifiger räumlicher Mechanismen. Dissertation, Universität Stuttgart.
- Nicolin, J.; Dellmann, T. (1985): Über die modellhafte Nachbildung der dynamischen Eigenschaften einer Gummifeder. ZEV-Glasers Annalen, Band 109.

- N.N. (2005): der Reifen – Rollwiderstand und Kraftstoffersparnis. Jubiläumsausgabe, Erstauflage, Societe de Technologie Michelin, Michelin Reifenwerke KgaA, Karlsruhe.
- Olley, M. (1946): Road Manners of the Modern Car. Proc. Inst. Aut. Engers.
- Otte, D.; Krettek, C. (2005): Rollover Accidents of Cars in the German Road Traffic - An In-Depth-Analysis of Injury and Deformation Pattern by GIDAS. In 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles. Paper Number 05-0093. Washington, DC.
- Otter, M. (1995): Objektorientierte Modellierung mechatronischer Systeme am Beispiel geregelter Roboter. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 20 Nr. 147. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Öttgen, O.; Bertram, T. (2003): Aktive Beeinflussung des Eigenlenk- und Wankverhaltens eines Pkws. Automatisierungstechnik 51 (2003) 7. Oldenburg Verlag.
- Öttgen, O. (2005): Zur modellgestützten Entwicklung eines mechatronischen Fahrwerkregelungssystems für Personenkraftwagen. Dissertation Universität Duisburg-Essen. Fortschrittberichte VDI Reihe 12 Nr. 610. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Orend, R (2002): Integrierte Fahrdynamikregelung mit Einzelradaktorik. Shaker Verlag, Aachen.
- Pacejka, H. B. (2006): Tyre and Vehicle Dynamics. 2<sup>nd</sup> Ed. Butterworth-Heinemann Ltd.
- Pacejka, H. B.; Bakker, E. (1993): The magic formula tyre model, tyre models for vehicle dynamic analysis. Proceedings of the 1st International Colloquium on Tyre Models for Vehicle Dynamic Analysis, ed. H.B. Pacejka, Swets&Zeitlinger, Lisse, pp. 1-18.
- Pacejka, H. B.; Besselink, I. J. M.(1997): Magic formula tyre model with transient properties. Proceedings of the Berlin Tyre Colloquium, Vehicle System Dynamics Supplement 27, Swets&Zeitlinger, Lisse, pp. 145-155.
- Pelz, Georg (2001): Modellierung und Simulation mechatronischer Systeme. Hüthing Verlag, Heidelberg.
- Pichler, V. (1999): Modellbildung der Dynamik von Kraftfahrzeugen unter Anwendung objektorientierter Konzepte. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 12 Nr. 382. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Duisburg.
- Popp.K.; Schiehlen.W.(1993): Fahrzeugdynamik. Stuttgart: B.G. Teubner.
- Reimpell, J. (1988) Fahrwerktechnik: Radaufhängungen. 2. Auflage. Vogel Fachbuch. Vogel-Verlag, Würzburg.
- Reimpell, J.; Sponagel, P. (1988): Fahrwerktechnik: Reifen und Räder, Vogel Fachbuch, Vogel-Verlag, Würzburg.

- Riekert, P., Schunk, T. E. (1940): Zur Fahrmechanik des gummbereiften Kraftfahrzeugs. Ingenieur-Archiv 11 (1940), S.210–224.
- Rill, G. (1994): Simulation von Kraftfahrzeugen. Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg Verlag.
- Robert Bosch GmbH (2007): Kraftfahrzeugtechnisches Taschenbuch. 26. Aktualisierte Auflage. Wiesbaden: Vieweg-Verlag.
- Robert Bosch GmbH (2002): Konventionelle und elektronische Bremssysteme. 3. Auflage.
- Samie, F.; Sheridan, D. (1990): Contact analysis for a passenger car disc brake. SAE 900005.
- Schiehlen, W.; Eberhard, P. (2004): Technische Dynamik. B.G., 2. Auflage. Teubner: Stuttgart.
- Schmidt, A.; Wolz, U. (1987): Nichtlineare räumliche Kinematik von Radaufhängungen – kinematische und dynamische Untersuchungen mit dem Programmsystem MESA VERDE. Automobilindustrie 1987 6, S. 639 – 644.
- Schmitz, T. (1994): Modellbildung und Simulation der Antriebsdynamik von Personewagen. Dissertation. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12, Nr. 224. Universität – Gesamthochschule Duisburg.
- Schnelle, K.-P. (1990): Simulationsmodelle für die Fahrdynamik von Personewagen unter Berücksichtigung der nichtlinearen Fahrwerkskinematik. Dissertation. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 12 Nr. 146. Universität Stuttgart
- Schramm, D. (1985): Eine Methode zur Lösung der Zwangskraftgleichungen. Z. Angew. Math. U. Mecha., 65.
- Schramm, D. (1986a): Ein Beitrag zur Dynamik reibungsbehafteter Mehrkörpersysteme. Dissertation. Fortschritt-Berichte VDI Reihe 18 Nr.32. Universität Stuttgart.
- Schramm, D. (1986b): Ein effizienter Algorithmus zur numerischen Berechnung der Zwangskräfte mechanischer Systeme. Z. Angew. Math. U. Mecha., 66.
- Schramm, D. (2007): Modellbildung mechatronischer Systeme im Kraftfahrzeug. In: VDI-Berichte 1971 Mechatronik 2007 - Innovative Produktentwicklung. Wiesloch, Deutschland (2007), S. 13-28.
- Schütz, K.H. (1971): Gleichlauf-Kugelgelenke für Kraftfahrzeugantriebe. Antriebstechnik 10 (1971) 437–440
- Schuster, C. (1999): Strukturvariante Modelle zur Simulation der Fahrdynamik bei niedrigen Geschwindigkeiten. Dissertation. Shaker Verlag GmbH. Universität - Gesamthochschule Duisburg.

- Schuster, H., Balk, A., Oehlschlaeger, H. (1995): Der Sharan – Die Großraumlimousine von Volkswagen. ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 97 7/8: 400-415.
- Shi, X. (1996): Entstehung des Bremsenquitschens. Dissertation, Technische Universität Braunschweig.
- Smith, S.W. (2003): Digital Signal Processing. Amsterdam, Boston, ... : Newnes.
- Tesis 2003: ve-DYNA 3.7 Model Overview. [www.thesis.de](http://www.thesis.de), München.
- Uffelmann, F. (1980): Berechnung des Lenk- und Bremsverhaltens von Kraftfahrzeugzügen auf rutschiger Fahrbahn. Dissertation. TU Braunschweig.
- Unrau, H.-J.; J. Zamow (1997): TYDEX-Format: Description and Reference Manual, Release 1.3. TYDEX-Workshop.
- VDA (2006): Verband der Automobilindustrie e. V. (VDA): VDA-Spurwechseltest. [http://www.vda.de/de/vda/intern/organisation/abteilungen/technik\\_04.htm](http://www.vda.de/de/vda/intern/organisation/abteilungen/technik_04.htm). Seitenabruf Dez/2006.
- VDI-Richtlinie 2206 (2004): Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme. Beuth-Verlag GmbH, Berlin.
- Wallentowitz, H. (1998): Längsdynamik von Kraftfahrzeugen. 2. Auflage, Schriftenreihe Automobiltechnik, Aachen.
- Wiegner, P. (1974): Über den Einfluss von Blockierverhinderern auf das Fahrverhalten von Personenkraftwagen bei Panikbremsungen. Dissertation. TU Braunschweig.
- Willumeit, Hans-Peter (1998): Modelle und Modellierungsverfahren in der Fahrzeugdynamik. Stuttgart/Leipzig: B.G. Teubner.
- Woernle, Christoph (1988): Ein systematisches Verfahren zur Aufstellung der geometrischen Schließbedingungen in kinematischen Schleifen mit Anwendung bei der Rückwärtstransformation für Industrieroboter. Dissertation. Fortschrittberichte VDI Reihe 18 Nr. 59. Düsseldorf: VDI-Verlag. Universität Stuttgart.
- Zamov, J. (1994): Beitrag zur Identifikation unbekannter Parameter für fahrdynamische Simulationsmodelle. VDI-Berichte, Reihe 12, Nr. 217. Düsseldorf: VDI-Verlag.
- Zomotor, A. (1991): Fahrwerktechnik: Fahrverhalten, 2. Auflage. Würzburg: Vogel Verlag und Druck KG.



**Internet Verweise (Datum des Zugriffs 10.02.2010)**

- AVL Advisor (2010): <http://www.avl.com>.
- AVL Cruise (2010): <http://www.avl.com>.
- Carsim (2010): ): <http://www.carsim.com/>.
- Dassault Systemes (2010): <http://www.3ds.com/home/>.
- dSpace (2010): <http://www.dspace.com>.
- IPG (2010): <http://www.ipg.de>.
- LMS International (2010a): <http://www.lmsintl.com/>.
- LMS International (2010b): <http://www.lmsintl.com/dads>.
- MSC.Software (2010): <http://www.mscsoftware.com>.
- Milliken Research (2010): <http://millikenresearch.com/vdms.html>.
- Parametric Technology Corporation (2010): <http://www.ptc.com/>.
- ProracingSim (2010): <http://www.proracingsim.com/>.
- Simpack AG (2010): <http://www.simpack.com/>.
- Simulia (2010): <http://www.simulia.com/solutions/automotive.html>.
- Southwest Research (2010): <http://www.swri.org>.
- Tesis (2010): <http://www.thesis.de>.
- Gipser (2010): [http://www.cosin.eu/prod\\_FTire](http://www.cosin.eu/prod_FTire).
- Tass (2010): <http://www.tass-safe.com>

## Kurzbiografien der Autoren



**Prof. Dr.-Ing. Dieter Schramm** studierte an der Universität Stuttgart Mathematik. Seine Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Stuttgart schloss er mit der Promotion über ein Thema aus der Theoretischen Mechanik im Jahre 1986 ab. Danach war er 18 Jahre in der Automobilindustrie bei den Firmen Bosch und Tyco Electronics tätig, u.a. als Entwicklungsleiter und Geschäftsführer. Parallel dazu hatte er über mehr als 10 Jahre hinweg Lehraufträge auf den Fachgebieten Technische Mechanik und Systemdynamik. Seit 2004 leitet er den Lehrstuhl für Mechatronik an der Universität Duisburg-Essen. Seit 2006 ist er Dekan der Fakultät für Ingenieurwissenschaften.



**Prof. Dr.-Ing. habil. Dr. h.c. mult. Manfred Hiller i.R.** studierte an der Universität Stuttgart Luft- und Raumfahrtstechnik. Nach Promotion und Habilitation im Fach Mechanik in Stuttgart wechselte er 1987 an die Universität Duisburg (heute Universität Duisburg-Essen), um dort von 1991 bis 2004 den ersten Lehrstuhl für Mechatronik in Deutschland zu leiten. Parallel dazu hatte er von 1986 bis 2004 eine permanente Gastprofessur an der ETH Zürich. Während dieser Zeit und davor an der Universität Stuttgart beschäftigte er sich über mehr als 25 Jahre mit der Modellbildung und Simulation von Kraftfahrzeugen, oft in Kooperation mit Fahrzeugherstellern und führenden Systemlieferanten.



**Dr.-Ing. Roberto Bardini** studierte an der Universität Duisburg (heute Universität Duisburg-Essen) Maschinenbau. Er promovierte am Lehrstuhl für Mechatronik bei Professor Hiller und arbeitet seit 2000 als Entwicklungssingenieur auf dem Gebiet der Fahrzeugsicherheit, zunächst bei der Firma Audi und seit 2003 bei der Firma BMW. Er beschäftigt sich bereits seit seinem Studienabschluss 1996 mit der räumlichen Mehrkörpersimulation von Insassen und Fahrzeugen. Speziell zur Auslegung von Insassenschutzsystemen bei Fahrzeugüberschlägen hat er Simulationswerkzeuge entwickelt und erfolgreich in der Praxis eingesetzt.

# Stichwortverzeichnis

## A

Abrollumfang 169  
Absolutkinematik 77, 79  
    kinematische Differential 91  
Absolutkoordinaten 72, 77  
Abtriebswelle 222  
Achskinematik 277  
Achskörper 118  
Achsprüfstand 155  
Achsquerkräfte 269  
Ackermannwinkel 245  
Additivität 31  
Adhäsionsreibung 165  
aktive Stabilisatoren 433  
Anfahrwinkel 422  
Ansprechzeit 405  
Anströmgeschwindigkeit 231  
Anströmwinkel 231  
Anti-Blockiersystem 205  
Antriebsmomente 288  
Antriebsschlupf 167, 172  
Antriebs-Schlupf-Regelung 205  
Antriebsstrang 205, 288  
    Absolutkinematik 221  
    Bewegungsgleichungen 222  
    Relativkinematik 219  
APPELLsche Gleichungen 84  
Applikationsprozesses 406  
Arbeit  
    virtuelle 84  
Aufbaudämpfer 234  
**Auftrieb** 232  
Auftriebskraft  
    aerodynamische 232  
Ausgleichsgetriebe 220

## B

Baumstruktur 52, 63  
Beschleunigung 37, 39  
    absolute 102  
    rotatorische 307  
    verallgemeinerte 93  
Beschleunigungsterme  
    verallgemeinerte 90  
Betriebsbremse 229  
Bewegungsgleichungen 354, 365  
Bewegungsschraube 37  
Bewegungswinder 36, 86, 88  
Bezugssystem 108  
    körperfestes 40  
Bindungen  
    geometrische 55, 85  
    holonome 85  
    kinematische 86  
    nichtholonome 85  
Bindungsgleichungen  
    globale 74  
    implizite 77  
    lokale 74  
Blockschaltbild 72  
Bordsteinanprall 406  
Böschung 388, 412, 421  
    Manöver 423, 424, 425  
    Neigung 422, 423  
Bremskraftverteilung 255  
Bremsmoment 229, 290  
Bremspedalstellung 255  
    normierte 294  
Bremschlupf 167, 172  
Bremsvorrichtung 115  
Bumpstop 390

Bürstenmodell 171

## C

charakteristische Geschwindigkeit 253

CORIOLIS-Beschleunigung 39

CORIOLISKraft

verallgemeinerte 104

COULOMBSche Reibung 175, 184

## D

d'ALEMBERTsches Prinzip 84, 369

für starre Körper 88

Dämpfer 115

Dämpferbein 123

Dämpferelement 234

Dämpferkennlinien 395

Deichselmodell 321

Diagonalreifen 169

Differential 209, 220

Sperrwirkung 220

Doppelgelenkfederbein-

Vorderradaufhängung 326

Blockschaltbild 330

reales System 327

Strukturbild 327

Topologie 329

Doppelquerlenkerachse 116

Doppelquerlenker-Radaufhängung

62, 79, 122

Drehachse 42

momentane 59

Drehbewegung 41

Parametrisierung 42

Drehgelenk 55, 58, 80

Drehparameter 42

Dreh-Schubgelenk 55, 58

Drehtensor 34, 43

Eigenschaften 45

transponiert, invers, orthogonal 45

Drehung

räumliche 41

Drehungen

isolierte 62

Drehwinkel 42, 55

Drehzeiger 34, 43

kleine Drehungen 46

Winkelgeschwindigkeit 45

Dreieckslenker 115

Durchtrittsfrequenz 436

Dyadisches Produkt 31

## E

Eigenlenkgradient 250

Eigenlenkverhalten 251, 429

Eigenverhalten 254

Einfederbewegung

allgemeine 298

räumliche 292

Einflußgrößen 177

Eingänge

steuernde 12

eingeprägte Kräfte

verallgemeinerte 90

Einlaufängen 203

Einzelkraft 14

Einzelradaufhängung 61, 73, 113, 116, 297

Elastomerlager 208

Elchtest 416

elektronische Stabilitätskontrolle 205

Elementardrehung 42

Elementpaare

höhere 58

niedrige 58

Erregervektor 291

EULER-Beschleunigung 39

EULER-Parameter 43

EULER-Winkel 43

## F

Fahrdynamik 7

Fahrermodell 320

Fahrmanöver 8

Fahrpedalstellung 255, 262

normierte 294

Fahrstabilität 253

- Fahrverhalten
    - neutrales 251
    - übersteuernd 433
    - übersteuerndes 251
    - untersteuernd 433
    - untersteuerndes 251
  - Fahrzeug
    - allradgetriebenes 206, 346
    - frontgetriebenes 205, 338
    - heckgetriebenes 206
  - Fahrzeugaufbau 105
  - Fahrzeugdynamik 7
  - Fahrzeugmechanik 7
  - Fahrzeugmittelebene 105
  - Fahrzeugmodell
    - Detaillierungsgrad 13
    - heckgetrieben 326
    - komplexes 19
    - modulares 359
    - parametrisiertes 398
  - Fahrzeugreaktion 405
  - Fahrzeugsicherheitssysteme 355
  - Fahrzeugsimulationssysteme
    - kommerzielle 21
  - FASIM\_C++ 320, 356, 379
  - Federbein 116, 123
  - Federelemente 232
  - Federkennlinie 395
  - Federkräfte 283
  - Federkraftgesetz 283
  - Federvorspannung 233
  - Federweg 390
  - Feldkraft
    - elektrische und magnetische 227
  - Fertigungsradius 169
  - Festsattelbremse 229
  - Fixpunktdrehung 34, 41
  - Formwiderstand 231
  - Freiheitsgrad 60
    - isolierter 65
  - Frequenzen bei
    - Fahrzeugteilsystemen 17
  - Führungsbewegung 38
  - Führungsgröße 434
  - Fundamentalgleichung
    - der Dynamik 84
    - für Punktmassen 84
  - Fundamentalgleichung der Dynamik 83
  - Fünflenker-Vorderradaufhängung
    - Blockschaltbild 349
    - reales System 347
    - Strukturbild 348
    - Topologie 349
  - Fünfpunkt-Radaufhängung 59, 61
  - Funktionsbestätigung 410
  - Fuzzy-Algorithmus 438
- ## G
- Gangpolkurve 170
  - Gegenwirkungsprinzip 227
  - Gelenk 14, 55
    - ebenes 55, 58
    - einwertiges 64
    - komplexes 58
    - mehrwertiges 64
    - Standard- 58
    - virtuelles 51
  - Gelenkfreiheitsgrad 51, 55
  - Gelenkkoordinate
    - natürliche 63
    - natürliche bzw. relative 55
    - relative 69
  - Gelenk-Körper-Darstellung 65
  - Gelenkpaar
    - charakteristisches 97
  - Gelenkparameter
    - invariante 66
  - Gelenkviereck 73
    - räumliches 73
    - Relativkinematik 75
  - Gelenkwelle 115, 208, 209, 222
  - Geradausfahrt 250
  - Gesamtantriebsmoment 289
  - Gesamtfahrzeug 325, 380
    - Topologie 336, 345, 352
  - Gesamtfahrzeugmodell 17
    - allradgetrieben 346
    - Dynamik 354
    - frontgetrieben 338
    - Kinematik 326, 354

Modularisierung 325  
Gesamtfreiheitsgrad 60  
Gesamtstabilisatorsteifigkeit 431  
Gesamtübersetzung 221  
Geschwindigkeit 36, 39, 42  
  absolute 102  
  lokale 228  
  verallgemeinerte 92, 228, 294  
Geschwindigkeitsregler 320  
Getriebe 209  
Getriebeübersetzung 255  
  gangabhängige 289  
Getriebewelle 222  
Giergeschwindigkeit 249  
Gierverstärkung 253  
Gierverstärkungsfaktor 252  
Gierwinkel 105  
Gierwinkelgeschwindigkeit 405  
Gleichlaufgelenk 208, 215  
  kinematische Schleife 216  
Gleichungssystem  
  differential-algebraisches 15  
Gleitgeschwindigkeit 171  
Gleitreibungkoeffizient 178  
Gleitreibspannung 175  
GRÜBLER-KUTZBACH  
  Kriterium von 60  
Gummi-Verbund-Elemente 241  
Gürtel 161, 188  
Gürtelreifen 160, 169

## H

Haftreibspannung 175  
Halbstarrachse 116  
HAMILTONsche Gleichungen 84  
Hardware-in-the-Loop-Simulation  
  (HiL) 12  
Hauptträgheitsmoment 87  
Homogenität 31  
HSRI-Reifenmodell 187, 199, 382  
Hybride mechanische Systeme 16  
Hydrolager 208, 212  
  mechanisches Ersatzsystem 213  
Hysteresereibung 166

## I

Identifikation 10  
Identifikationstechnik 10  
implizite Formulierung 67  
Impulssatz 280  
Inertialsystem 39  
Innenwiderstand 231  
Insassenbewegung 415  
Instationäres Reifenverhalten 202  
Integral IV-Hinterradaufhängung  
  326  
  Blockschaltbild 333  
  reales System 331  
  Strukturbild 332  
  Topologie 332  
Integrallenker 332  
Integrallenker-Radaufhängung 125  
Invarianzeigenschaft 29

## J

JACOBI-Matrix 76, 89  
JOURDAINSches Prinzip 85

## K

Kammischer Kreis 184  
Kardangelenk 55, 215  
KARDAN-Gleichungen  
  kinematische 49, 296  
Kardanwinkel  
  Drehungsfolge 105  
  Transformationsmatrix 106  
KARDAN-Winkel 43, 105  
  ebene Elementardrehung 46  
  singuläre Stellung 49  
Karkasse 160  
Karosserie 105  
Kette  
  kinematische ebene 53  
  kinematische mit Baumstruktur  
    52  
  kinematische, ebene 57  
  kinematische, geschlossene 52  
  kinematische, offene 52  
  kinematische, räumliche 54

- kinematische, sphärische 54, 58
    - teilweise und vollständig
    - geschlossene kinematische 52
  - Kinematik 15
    - globale 79
  - kinematische Differential 93
  - kinematische Differentiale
    - der ersten Art 93
    - der zweiten Art 93
  - kinematische KARDAN-Gleichung 107
  - kinematische Modellbildung
    - Stufen 337, 346, 353
  - kinematische Schleife
    - unabhängige 52
  - kinematische Schleifen 326
  - kinematische Transformatoren 72
  - kinematischen Ketten
    - Zusammenbau 64
  - kinematisches Differential 354
  - Kinetik 15
  - kinetische Energie
    - des starren Körpers 87
  - Knotenpunkt 15
  - Komponentendarstellung 29
  - Komponentenzerlegung 25, 29
  - Kontakt-Geometrie 188
  - Kontaktkräfte 163
  - Kontaktpunkt 161
  - Kontinuierliche Systeme (KOS) 16
  - Koordinaten
    - abhängige 89
    - unabhängige 89
    - verallgemeinerte 62
  - Koordinatensystem 25
    - aufbaufestes 295
    - orthonormiert 27
  - Koppelmasse 130, 131
  - Kopplungsgleichungen
    - lineare 72
  - Kraft
    - äußere 226
    - deterministische 227
    - eingeprägte 226, 227, 228
    - innere 226
    - stochastische 227
  - Kräfte
    - eingeprägte 84
    - verallgemeinerte 87
  - Kraftelemente
    - in Reihe geschaltet 235
    - masselose 15
    - parallel geschaltet 235
  - Kraftgesetz 15
  - Kraftschluß 175
  - Kraftschlußbeiwert 165, 166, 176, 178
  - Kraftschlußbeiwert, maximaler 176
  - Kraftübertragung in
    - Umfangsrichtung 172
  - Kreisbahn
    - notwendiger Lenkwinkel 250
  - Kreiselkräfte
    - verallgemeinerte 89, 90
  - Kreisfahrt 249, 385
  - Kreuzprodukt 32
  - kritische Geschwindigkeit 253
  - Krümmungskreismittelpunkt 244
  - Krümmungsradius 246
  - Kugelgelenk 55, 58, 80
  - Kupplung 209
  - Kurbelwelle 222
  - Kursregelung 321
- L**
- Lage 33, 38, 42
  - Lager 14
  - Lagerkraft
    - natürliche 228
  - Lagerrichtung
    - gesperrte 228
  - LAGRANGEsche Gleichungen 84
    - erster Art 85
    - zweiter Art 87
  - LAGRANGEsche Multiplikatoren 86
  - Längslenker 116
  - Längslenkerachse 119
  - Längsschlupf 167
  - LAPLACEsche Identität 26
  - laterales Rutschen 412, 413

Latsch 163, 170  
-länge 163, 171  
Latschfläche  
Haft- und Gleitbereich 180  
Laufgrad 60  
Laufstreifen 160, 171  
-profil 160  
Lenkachse 127, 302  
Lenkerdrehachse 119  
Lenkerebene 116  
Lenkmoment 182  
Lenkradwinkel 291  
Lenkrollhalbmesser 127  
Lenkübersetzung 255  
nichtlineare 292  
Lenkverhalten  
instationäres 250, 253  
Lenkwinkelsprung 223, 403  
lineares Einspurmodell  
als dynamisches System 249  
Bewegungsgleichungen 248  
Zustandsnormalform 249  
Luftkraft 230  
Luftmoment 230  
Luftwiderstand 230  
Luftwiderstandsbeiwert 257  
Luftwiderstandskraft 231, 256

## M

Magic Formula 187, 195  
Magic Formula Reifenmodell 195  
Magic-Formula 287  
Masse  
Fahrgestell 394  
Massenmatrix 89  
Einfluss des Antriebsstranges  
223  
Sattelzug 372  
Subsysteme 355  
Massenmittelpunkt 15  
mathematische Modelle 187  
McPherson  
-Prinzip 116, 123  
-Radaufhängung 134

McPherson-Federbein-  
Vorderradaufhängung  
Blockschaltbild 341  
mit elastischem Querlenkerlager  
Blockschaltbild 342  
mit elastischem Querlenkerlager  
Strukturbild 341  
mit elastischem Querlenkerlager  
Topologie 342  
reales System 339  
Strukturbild 340  
Topologie 340  
Mechanismus  
überbestimmter 61  
zwangsläufiger 60  
Mehrkörpersystem 14, 51  
kinematisch nicht  
zusammenhängendes 51  
kinematisch zusammenhängendes  
51  
komplexes 77, 326  
Mehrlenkerachse 116  
Mehrlenker-Hinterradaufhängung  
109  
Mehrlenker-Radaufhängung 331  
Methode der Finiten Elemente  
(FEM) 16  
Minimalkoordinaten 334  
Mischformen 187  
Misuse-Robustheit 408  
Misuse-Versuche 412  
Mittelklasse-Fahrzeugmodell 393  
Parameter 394  
MOBILE 366, 380  
Modellbibliothek 381  
Modellbildung 10, 12  
experimentelle 10  
theoretische 10  
Modelle  
mathematische 10  
Modellfehler 384  
Modelluntersuchung 12  
Module  
des Gesamtfahrzeugs 380  
mechanische 379  
nicht-mechanische 381



- Moment  
  eingepprägtes 226
- Momentanpol 170
- Momentenkennfeld  
  Motor 262
- Motor  
  -drehzahl 255, 261  
  -moment 255
- Motorblock 207  
  Kraftkopplung 207  
  Massenkopplung 207  
  räumliche Bewegung 207
- Motorgehäuse 222
- Motorlager 208, 209  
  kinematischer Transformator 211
- Motorstuckern 212
- N**
- Nachlauf  
  strecke 130  
  versatz 130  
  winkel 129
- Nachspur 127
- Netze  
  kinematische 72
- Nickschwingungen 130
- Nickwinkel 105
- No Fire 410
- Normalbeschleunigung 246
- Normaldruckverteilung 175
- Normalkraft 227
- Numerische Integration 373
- O**
- Oberflächenkraft 227
- OOP-Risiko 425
- open-loop Manöver 403
- P**
- peak response time 405
- Personenkraftfahrzeug 360
- Phasengang 436
- Phasenreserve 436
- physikalische Modelle 187
- Plausibilität 417
- Plausibilitätstest 384
- POISON-Gleichung 36
- Polfläche  
  radträgerfeste 59
- Postprozessor 22
- Präprozessor 22
- Pressung 164
- Prinzip  
  der virtuellen Arbeit 228  
  von JOURDAIN 228
- Produktentstehung 408
- Profil  
  -rillen 160  
  -stollen 160
- Profilelement 172
- Prototypen 408
- Pseudo  
  Beschleunigung 103, 370  
  Eingangsgeschwindigkeit 92  
  Geschwindigkeit 92, 110, 370
- Q**
- quasistationär 202
- Quaternionen 43
- Querbeschleunigung 244, 442  
  stationäre 404
- Querdynamik 243
- Querkräfte 183
- Querlenker 80, 115
- Querschlußpf 179
- R**
- Rad 159
- Radachse 113
- Radaufhängung 113
- Radaufhängungen  
  im Zweispurmodell 292  
  nichtlineare Kinematik 325
- Radaufhängungskinematik 277
- Radaufhängungspunkte 109
- Radaufhängungssysteme 113
- Radaufstandsfläche (Latsch) 162
- Radaufstandspunkt 127, 246
- Radführung 113

Radgeometrie  
  mechanisches Ersatzmodell 191  
Radkräfte 161  
Radlager 115  
Radlast 163, 177, 183  
Radlastschwankungen 130  
Radlastverteilung 244, 275  
Radmittelebene 189  
Radradius  
  dynamischer 169  
  statischer 169  
Radstand 394  
Rad-Straße-Kontakt 159  
Rad-Straße-Kontaktpunkte 195  
Radsturz 182  
Radträger 113, 292  
Radvertikalkraftverlagerung 438  
Rampe 391, 412  
  ADAC 387  
  Manöver 420  
  SAE J857 387  
Rastpolkurve 170  
Raumlenkerachse 61  
Raumlenker-Radaufhängung 144  
Reaktionskraft 226, 227  
  lokale 228  
  verallgemeinerte 228  
Reaktionskräfte 84, 85  
Reaktionsmoment 226  
Reboundstop 390  
Rechenregeln  
  für Vektoren 25  
Regelgröße 434  
Regelstrecke 435  
Reglerauslegung 436  
Reglerentwurf 433  
Reibungswiderstand 231  
Reifen 159  
  -einfederung 164  
  -nachlauf 180  
  Rückstellmoment 180  
Reifenkontaktkräfte, stationäre 162  
Reifenkraft  
  Horizontalkomponenten 185  
Reifenkräfte  
  dynamische 287

Reifenlängssteifigkeit 203  
Reifen-Latsch 159  
Reifenmittelebene 127  
Reifenmodell, kinematisches 162  
Reifenmodell, physikalisches 162  
Reifenmodelle 187  
Reifenradius 394  
  dynamischer 169  
  statischer 164  
Reifenseitensteifigkeit 202  
Reifensteifigkeit  
  vertikale 202  
Relativbewegung 37, 38, 108  
Relativkinematik 72, 77, 79, 299  
Relativkoordinaten 74  
response time 405  
RODRIGUES-Parameter 43  
Rollrichtung 191  
Rollwiderstand 164  
Rollwiderstandskraft 165  
Rotation 33  
Rückstellmoment  
  Reifen 202

**S**

Sandbett 414  
  Manöver 428  
Scheibenbremse 229  
Scherdeformationen 166  
Scherverformung der Profilelemente  
  172  
Schleife  
  ebene 63  
  kinematische 52  
Schließbedingung 66  
Schlupf 167  
Schlupfgröße  
  absolute 185  
Schlupfkurve 176  
Schräglauf 179  
  -steifigkeit 179  
  -winkel 179  
Schräglaufsteifigkeit 201, 203, 248,  
  275, 438  
Schräglaufsteifigkeiten

- degressiver Verlauf 275
  - Schräglenker 302
  - Schräglenkerachse 121
  - Schräglenkerdrehachse 302
  - Schräglenker-Radaufhängung 302
  - Schraubachse 37, 128
    - des Radträgers 129
    - momentane 59
  - Schraubbewegung 59
  - Schraubenfeder 115
  - Schraubgelenk 55, 58
  - Schrittweitensteuerung
    - automatische 375
  - Schubgelenk 55, 58
  - Schubspannung 173
  - Schwerpunktlage 394
  - Schwimmbewegung 244
  - Schwimmwinkel 246
  - Seitenkraft
    - Rad 179
  - Seitensteifigkeit 203
  - Simulation von Kraftfahrzeugen
    - 355
  - Simulationsumgebung 22
  - Sparse-Methoden** 66
  - Spatprodukt 26, 101
  - Spreizung 128
  - Sprunghügel 412, 413
  - Spur 127
  - Spurbreite 394
  - Spurfläche
    - fahrgestellfeste 59
  - Spurkurve 384
  - Spurlenker 122
  - Spurstange 66, 114
  - Spurweite 127
  - Spurwinkelkurve 155
  - Stabilisator 236, 390, 394
    - aktiver 239, 429
    - Moment 433, 440
    - passive 429
    - passiver 237
    - Steifigkeit 431
    - Torsionsmoment 239
  - Stabilisatorhebel 270
  - Stabilisatorlängen 270
  - Standebene 127
  - Starrachse 115, 116
  - starrer Körper 15
    - allgemeine Bewegung 33
  - Starrkörperschlupf 167, 168
  - stationär 202
  - Stationärwert 403
  - Staudruck 231
  - Steifigkeitsverteilung 430
  - Stellgröße 434
  - Störgröße 434
  - Straßenkontaktpunkte 285
  - Sturz 127
    - kurve 384
    - seitenkraft 182
    - winkel 127
    - winkel 182
    - winkel 192
    - winkelkurve 155
  - Subsysteme eines Fahrzeugmodells
    - 18
  - Symbole
    - Gelenk-Körper-Darstellung 64, 65
  - System 11
    - Finite-Elemente- 16
    - holonomes 85
    - kontinuierliches 16
    - mechanisches 14
    - mechatronisches 7
    - nichtholonomes 85
  - Systemabgrenzung 226
  - Systemdynamik 12
  - Systemmatrix 254
- T**
- Tangentialspannungen 173
  - Tellerrad 220
  - Tensor 25
    - schiefsymmetrischer 42
  - Tensor 2. Stufe 31
  - Tensorprodukt 31
  - Testgelände virtuelles 410
  - Topologie 52
  - topologische Methoden 69

topologische Struktur 64  
Torsionsstab 238  
Trägheitskraft 88  
Trägheitstensor 103, 394  
Transformation  
  Koordinaten 30  
Transformationsmatrix  
  Eigenschaften 30  
  Orthogonalitätsbedingung 30  
Translation 33  
Translationsgeschwindigkeit  
  absolute 294  
Trapezlenker 125  
Trapezlenker-Hinterradaufhängung  
  Blockschaltbild 351  
  reales System 350  
  Strukturbild 350

## U

Überschlag  
  erkennung 406  
  neigung 418  
Überschlagerkennung 406  
Überschlagunfallgeschehen 406  
Überschwingweite 405  
Übertragungselement 73  
Übertragungsmechanismen 73  
Umfang  
  kraft 165, 176  
  schlupf 167  
  steifigkeit 176, 201, 203  
Umfangsschlupfkurve 177  
Umgebungsbedingungen 18  
Umgebungswind 231  
Use- und Misuse-Fälle 417  
Use-Versuche 412, 417

## V

Validierung 383, 385, 388, 389, 410  
VDA-Slalomtest 412  
VDA-Spurwechseltest 413, 416  
Vector-Loop-Methoden 68  
Vektor 25  
  der verallgemeinerten  
  eingepprägten Kräfte 89

  der verallgemeinerten  
  Koordinaten 89  
  der verallgemeinerten  
  Kreiselkräfte 89  
  physikalischer 27  
Vektorfunktion  
  lineare 31  
Vektorprodukt 32  
verallgemeinerte Koordinaten 89  
Verbundlenkerachse 116, 118  
Verifikation 383, 384  
Verschiebung 55  
Verschiebungen  
  virtuelle 94, 95, 369  
Verzahnungseffekte 166  
Verzögerungsglied erster Ordnung  
  203  
Vierlenker-Hinterradaufhängung  
  Blockschaltbild 344  
  reales System 342  
  Strukturbild 343  
  Topologie 344  
Viertelfahrzeugmodell 130  
  ebenes 130  
virtuelle  
  Geschwindigkeitsänderungen 85  
virtuelle Leistung 85  
virtuelle Verschiebung 84, 88  
virtuelle Verschiebungen  
  unabhängige 89  
Volumenkraft 227  
Vorderradaufhängung 114  
Vorlauf 129  
Vorspurwinkel 127  
Vorwärtskinematik 72

## W

Wälzen 167  
Wankbewegung 266  
Wankdämpfungen 430  
Wankdynamik 429  
Wankelastizitäten 430  
Wankmodell  
  lineares 266  
Wankmodell 430

Wankmoment 266  
Wankmomentenverteilung 437  
    aktive 440  
Wankpol 266  
Wankreduzierung 429  
Wankschwingungen 130  
Wankstabilisierung 239, 433  
Wanksteifigkeit 236  
Wankwinkel 105  
Wechselböschung 412, 413, 416  
Wechselwirkungen 40  
Winkelbeschleunigung 107  
Winkelgeschwindigkeit 107

Winkelgeschwindigkeit des starren  
    Körpers 87  
Wulstring 160, 161

## **Z**

Zentraldifferential 288  
Zentripetalbeschleunigung 39  
Zentripetalkraft  
    verallgemeinerte 104  
Zugstrebe 115  
Zustandsgleichungen 291  
Zwangsbewegung 15  
Zwei-Punkt-Lenker 125  
Zweispurmodell 277