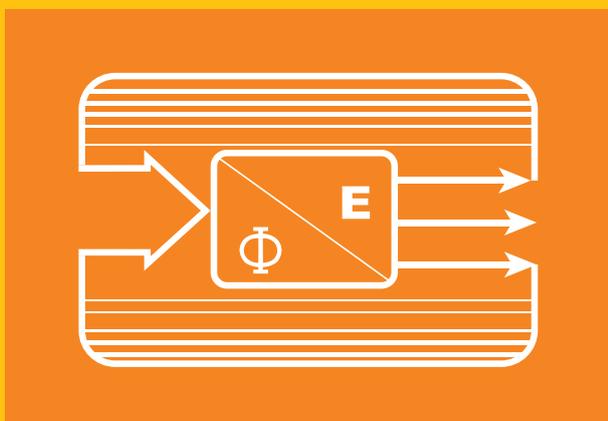


ITG-Fachbericht **303**

Sensoren und Messsysteme

Beiträge der 21. ITG/GMA-Fachtagung
10. – 11. Mai 2022 in Nürnberg



in Zusammenarbeit mit:

AMA

Verband für Sensorik + Messtechnik

Innovatoren verbinden

Sensoren und Messsysteme

Beiträge der 21. ITG/GMA-Fachtagung
10. – 11. Mai 2022 in Nürnberg

Wissenschaftliche Tagungsleiter:
Prof. Dr. techn. Leonard Reindl, Universität Freiburg
Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wöllenstein, Fraunhofer IPM

Veranstalter:
Informationstechnische Gesellschaft im VDE (VDE ITG)
VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik
(VDE GMA)

in Zusammenarbeit mit:
AMA Verband für Sensorik und Messtechnik e. V.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-8007-5835-7 (CD-ROM)

ISBN 978-3-8007-5836-4 (E-Book)

ISSN 0932-6022

© 2022 VDE VERLAG GMBH · Berlin · Offenbach, Bismarckstraße 33, 10625 Berlin

www.vde-verlag.de

Alle Rechte vorbehalten.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbeschreibungen etc. berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und von jedermann benutzt werden dürfen. Aus der Veröffentlichung kann nicht geschlossen werden, dass die beschriebenen Lösungen frei von gewerblichen Schutzrechten (z. B. Patente, Gebrauchsmuster) sind. Eine Haftung des Verlags für die Richtigkeit und Brauchbarkeit der veröffentlichten Programme, Schaltungen und sonstigen Anordnungen oder Anleitungen sowie für die Richtigkeit des technischen Inhalts des Werks ist ausgeschlossen. Die gesetzlichen und behördlichen Vorschriften sowie die technischen Regeln (z. B. das VDE-Vorschriftenwerk) in ihren jeweils geltenden Fassungen sind unbedingt zu beachten.

CD-Produktion: DMS – Disk Media Service, Berlin

Produced in Germany

Vorwort

Die Fachtagung „Sensoren und Messsysteme“ ist seit ihrer Begründung in Bad Nauheim im Jahr 1982 zur bedeutendsten deutschsprachigen wissenschaftlichen Veranstaltung im Bereich der Sensorik geworden. Standen anfangs insbesondere Sensoren und ihre Technologien im Vordergrund, so verlagerte sich in den vergangenen Jahren das wissenschaftliche Interesse zunehmend auf die Einbindung von Sensoren in Messsysteme und auf deren Anwendung.

Besondere Schwerpunkte der Tagung im Jahr 2022 sollen Sensoren und Sensorsysteme für den industriellen Einsatz sein, die in der jüngsten Zeit spezielle Aufmerksamkeit erfahren haben, z.B. Sensoren für die Umwelt und Nachhaltigkeit, Wasserstofftechnologien, Prozessmesstechnik, Internet der Dinge, Sicherheitssensorik, optische Messtechnik sowie thermische und gassensitive Sensoren. Gleichmaßen soll die Tagung auch über neue Entwicklungen auf dem Gebiet der berührungslosen Messtechnik, der Metrologie sowie der Zustandsüberwachung berichten, so dass ein ausgewogener Einblick in die aktuelle Entwicklung des Fachgebietes präsentiert wird.

Die Tagung wird nach einer Corona-Zwangspause in diesem Jahr wieder vom 10. bis 11. Mai parallel zur Messe SENSOR+TEST im NürnbergConvention Center stattfinden. An zwei Tagen sind neben eingeladenen Beiträgen und Übersichtsvorträgen Präsentationen in parallelen Sitzungen und Poster-Sitzungen vorgesehen. Die Tagung wird gemeinsam von der Informationstechnischen Gesellschaft im VDE (ITG) und der VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (GMA) getragen und im Jahr 2022 turnusmäßig von der ITG gestaltet.

Prof. Dr. techn. L. Reindl
Universität Freiburg

Prof. Dr.-Ing. J. Wöllenstein
Fraunhofer IPM / Universität Freiburg

Programmausschuss

Prof. Alexander Bergmann, Universität Graz
Prof. Jürgen Czarske, TU Dresden
Dr. Martin Ebermann, InfraTec GmbH
Dr. Sascha Eichstädt, Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Prof. Gerhard Fischerauer, Universität Bayreuth
Prof. Holger Fritze, TU Clausthal
Prof. Thomas Fröhlich, TU Ilmenau
Prof. Reimund Gerhard, Universität Potsdam
Prof. Gerald Gerlach, TU Dresden
Prof. Ingrid Graz, Universität Linz
Prof. Michael Heizmann, KIT
Prof. Bernd Henning, Universität Paderborn
Prof. Bernhard Jakoby, Universität Linz
Dr. Ulrich Kaiser, E+H AG
Dr. Jochen Kieninger, Universität Freiburg
Prof. Andreas König, Universität Kaiserslautern
Dr. Peter Lieberzeit, Universität Wien
Prof. Walter Lang, Universität Bremen
Prof. Reinhard Lerch, Universität Erlangen
Prof. Eberhard Manske, TU Ilmenau
Dr. Jan Marien, Isabellenhütte Heusler
Dr. Roland Mattheis, Leibnitz Institut für Photonische Technologien
Dr. Vadim Migunov, ABB
Prof. Ralf Moos, Universität Bayreuth
Dr. Roland Pohle, Siemens AG
Prof. Leonard Reindl, Universität Freiburg
Prof. Christian Rembe, TU Clausthal
Prof. Alexander Reiterer, Fraunhofer IPM
Prof. Stefan Rupitsch, Universität Freiburg
Dr. Andre Schäfer, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH

Prof. Gerd Scholl, HSU Hamburg
Dr. Benjamin Scherer, E+H AG
Dr. Katrin Schmitt, Universität Freiburg
Prof. Gabriele Schrag, TU München
Prof. Andreas Schütze, Universität Saarland
Prof. Gerhard M. Sessler, TU Darmstadt
Prof. Klaus-Dieter Sommer, TU Ilmenau
Dr. Eric Starke, Sick AG
Prof. Ulrike Steinmann, Universität Magdeburg
Dr. Helmut Többen, Physikalisch-Technische Bundesanstalt
Prof. Rainer Tutsch, TU Braunschweig
Prof. Michiel Vellekoop, Universität Bremen
Prof. Thomas Wendt, HS Offenburg
Prof. Jürgen Wilde, Universität Freiburg
Prof. Jürgen Wöllenstein, Universität Freiburg
Prof. Bernhard Zagar, Universität Linz
Prof. Stefan Zimmermann, Universität Hannover

Inhaltsverzeichnis

Festvortrag

Robotics and Automated Driving – From Sensor Data to Intelligent Behavior

Wolfram Burgard, Technische Universität Nürnberg

(Beitrag lag nicht vor)

1. Plenarvortrag

Quantensensorik: Neue Werkzeuge für Grundlagenforschung und technische Anwendungen

Frank Kühnemann, Fraunhofer IPM, Freiburg

(Beitrag lag nicht vor)

2. Plenarvortrag

Das nachhaltige Energiesystem der Zukunft und die Rolle der Sensorik

Maximilian Fleischer, Siemens Energy Global GmbH & Co. KG, München

(Beitrag lag nicht vor)

3. Plenarvortrag

Ammoniak als zukünftiger Energievektor für Deutschland..... 17

Jens Wartmann, Zentrum für BrennstoffzellenTechnik GmbH, Duisburg

A.1: Gassensoren I

Sitzungsleiter: R. Moos, Universität Bayreuth

A.1.1 Resonante photoakustische Zellen zum laserbasierten Methannachweis 22

K. Schmitt, M. Sendelbach, T. Strahl, C. Weber, J. Wöllenstein, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik (IPM), Freiburg

A.1.2 Simulating Miniaturized Open Photoacoustic Gas Sensors 24

S. Essing, G. Schrag, Technical University of Munich, München, D. Tumpold, Infineon Technologies AG, Neubiberg

A.1.3 Selective gas sensor based on high-temperature stable piezoelectric resonators exemplified by CH₄ and C₂H₄..... 28

S. Schlack, H. Fritze, Technische Universität Clausthal, Goslar

(Abstract)

A.1.4 MEMS basierte Mikro-Pellistoren zur Detektion von Methan 29

H.-F. Pernau, O. Yurchenco, B. Bierer, M. Jäggle, J. Wöllenstein, Fraunhofer IPM, Freiburg,

S. Dreiner, Fraunhofer IMS, Duisburg, F. Naumann, Fraunhofer IMWS, Halle

A.2: Temperatursensoren

Sitzungsleiter: M. Ebermann, InfraTec GmbH Infrarotsensorik und Messtechnik, Dresden

A.2.1 Miniaturisierung in der Sensortechnologie: microRTD Temperatursensor..... 33

C. Hartnig, C. Nick, Heraeus Nexensos, Hanau

(Abstract)

A.2.2 Neuerscheinung der VDI-Richtlinie 3520 „Oberflächentemperaturmessung mit elektrischen Berührungsthermometern“ – Inhalte und Hintergründe der Erarbeitung	34
S. Augustin, M. Schalles, Technische Universität Ilmenau	
A.2.3 Prüfstand für temperatursensitive Farben und grundlegende Untersuchung von Oberflächentemperaturen	39
S. Gehrman, F. Bartz, D. Skrotzki, Porsche AG, Weissach, Deutschland, S. Augustin, C. Dresler, Technische Universität Ilmenau	
A.2.4 Polymers as microsensors: Fabrication of electrically conducting Interpenetrating Polymer Networks for temperature sensors.	44
T. Ziemer, S. Sdrenka, K. Tolchkova, G. Ziegmann, C. Rembe, Technische Universität Clausthal	
A.3: Gassensoren II	
Sitzungsleiter: S. Zimmermann, Leibniz Universität Hannover	
A.3.1 Dosimeterartige Sensoren zur Detektion krebserzeugender Stoffe	50
D. Schönauer-Kamin, R. Wagner, R. Moos, Universität Bayreuth, Bayreuth, W. Bäther, Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck	
A.3.2 LED basierter, miniaturisierter photoakustischer CO₂-Sensor zur Umgebungsluftüberwachung	53
C. Weber, H. Yassine, A. Eberhardt, K. Schmitt, J. Wöllenstein, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau	
A.3.3 Kombiniertes Stickoxid- und Sauerstoffsensoren in Planartechnik	55
T. Wöhr, M. Steiner, J. Herrmann, G. Hagen, J. Kita, R. Moos, Universität Bayreuth, F. Noack, D. Bleicker, CPK Automotive GmbH & Co. KG, Münster	
A.3.4 Wearable Gas Sensor Node for Large-Scale Environmental Monitoring.	57
G. Rodriguez Gutierrez, E. Wallesch, A. Ortiz Perez, S. Palzer, Technical University Dortmund	
A.4: Kraft-, Drehmoment- und Drucksensoren	
Sitzungsleiter: G. Schrag, Technische Universität München	
A.4.1 Metrological evaluation of torque measurement up to 5 MN m under rotation in a 10 MW nacelle test bench.	59
P. Weidinger, Z. Song, Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, M. Heller, H. Zhang, K. Eustorgi, Fraunhofer IWES, Bremerhaven	
A.4.2 Entwicklung eines Kraft-Transfornormals für die Kalibrierung periodischer Kräfte in Werkstoffprüfmaschinen mit Quantifizierung parasitärer Einflussgrößen	63
A. Nitschke, S. Neumann, S. Gerber, MPA Universität Stuttgart, Stuttgart, R. Kümme, F. Tegtmeier, PTB, Braunschweig	
A.4.3 Design of a 3D Printed Force Sensor in the Field of Robotics Utilizing an Embedded Constantan Wire as Sensing Element	74
N. Hangst, J. Müllerleile, T. M. Wendt, L. Stiglmeier, P. Gawron, Urban B. Himmelsbach, A. Fischer, Hochschule Offenburg	

A.4.4 Herstellung eines piezoresistiven Drucksensors aus Siliziumcarbid mittels reaktiven Ionenätzen	81
P. Mackowiak, K. Erbacher, M. Bäuscher, K. Höppner, M. Schiffer, H.-D. Ngo, Fraunhofer IZM, Berlin, M. Schneider-Ramelow, Technische Universität Berlin	
A.5: Sensoren für die Industrie 4.0	
Sitzungsleiter: T. M. Wendt, Hochschule Offenburg, Offenburg	
A.5.1 Design of a Grounded Low-Cost Capacitive Liquid Level Sensor for Robotics Applications, especially in the Field of Gastronomy	85
S. Schröder, N. Hangst, T. M. Wendt, L. Stiglmeier, P. Gawron, U. B. Himmelsbach, Hochschule Offenburg	
A.5.2 In-Prozess Messung der Werkzeugablenkung beim inkrementellen Blechumformen	90
A. v. Freyberg, M. Terlau, D. Stöbener, A. Fischer, Universität Bremen	
A.5.3 Von Schwärmen lernen: Mini-Sensoren zur Schichtdickenmessung im industriellen Umfeld	97
G. Nelke, OptiSense GmbH, Haltern am See	
A.5.4 Industrial IoT system to support the assembly of large components	102
E. Trostmann, M. Woitag, F. Warschewske, D. Berndt, Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation IFF, Magdeburg, E. Gorr, Airbus – Assembly Innovation and Development, Hamburg	
A.6: Sensorsysteme für extrem raue Bedingungen	
Sitzungsleiter: J. Wöllenstein, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Freiburg	
A.6.1 Sensor Systems for Extremely Harsh Environments	110
H. Kappert, Fraunhofer IMS, Duisburg, S. Schopferer, Fraunhofer EMI, Efringen-Kirchen, N. Saeidi, Fraunhofer ENAS, Dresden, S. Ziesche, Fraunhofer IKTS, Dresden, A. Olowinsky, Fraunhofer ILT, Aachen, F. Naumann, Fraunhofer IMWS, Halle, M. Jägle, Fraunhofer IPM, Freiburg, M. Spanier, Fraunhofer IZM, Berlin	
A.6.2 Integrated High Temperature Electronics for Sensors in Harsh Environments	113
N. Kordas, H. Kappert, Fraunhofer IMS, Duisburg	
A.6.3 Material Behaviour and Influence of Ceramics for Application in a Sensor Housing under High Temperature Load	116
F. Kohler, J. Krämer, J. Wilde, University of Freiburg – IMTEK, Department of Microsystems Engineering, Freiburg, M. Schulz, H. Fritze, Clausthal University of Technology, Institute of Energy Research and Physical Technologies, Goslar	
A.6.4 Mehrlagenkeramische Sensorlösungen für die turbinennahe Druck- und Temperaturbestimmung	122
S. Ziesche, A. Goldberg, M. Ihle, Fraunhofer IKTS, Dresden, H. Kappert, Fraunhofer IMS, Duisburg, S. Schopferer, Fraunhofer EMI, Freiburg	
A.6.5 Charakterisierung von Komponenten und Systemen unter hohen Drücken und Temperaturen	
M. Jägle, Fraunhofer IPM, Freiburg (Beitrag lag nicht vor)	

A.7: Sensoren für die Wasserstofftechnologie

Sitzungsleiter: J. Wöllenstein, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

A.7.1 Spektroskopische Methoden zur Bestimmung der Wasserstoffqualität 124

V. Wittstock, T. Meinert, B. Scherer, Endress+Hauser Digital Solutions (Deutschland) GmbH, Freiburg
(Abstract)

A.7.2 Pd based MEMS Hydrogen Sensors 125

M. Wienecke, Hochschule Wismar, M. Lengert, M. Weidner, R. Ciudin, J. Heeg, Materion GmbH, Wismar, T. Frank, CiS Forschungsinstitut für Mikrosensorik GmbH, Erfurt, P. Kienke, Union Instruments GmbH, Lübeck

A.7.3 Entwicklung einer Auswertemethodik für IR-Spektren von H₂-CH₄-Gasgemischen bei Drücken bis 900 bar zur Auslegung eines online-fähigen IR-Messsystems 131

M. Schott, A. Schütze, Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gGmbH, Saarbrücken

A.7.4 Miniaturisierte H₂-Sensoren zur Sicherstellung der Akzeptanz von Brennstoffzellen-Antrieben

T. Knittel, Vitesco Technologies GmbH (VIT) Regensburg, S. Heinrich, T. Rössler, M. Eberl, M. Jägle, Fraunhofer IPM, J. Wöllenstein, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
(Beitrag lag nicht vor)

B.1: Optische Messtechnik – 1

Sitzungsleiter: C. Rembe, Technische Universität Clausthal

B.1.1 Entwicklung eines praxistauglichen POF-basierten Messsystems mittels digitaler I-OFDR zur Dehnungsdetektion 139

K. Königsbauer, W. Aleksander, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin, N. Nöther, Systems GmbH, Berlin, M.-B. Schaller, Gesellschaft für Geomechanik und Baumesstechnik mbH (GGB), Rötha

B.1.2 Identification of the sensory properties of image-based multi-axis force/torque sensors 144

N. Al-Baradoni, P. Groche, Technical University of Darmstadt

B.1.3 Optical Beam Gradient Sensor 150

F. Fleischmann, N. Müller, R. Lüning, University of Applied Sciences Bremen

B.1.4 Vereinheitlichung von Grundlagen der punktwisen Messung von optischen Asphären- und Freiformflächen 157

H. Dierke, R. Tutsch, Technische Universität Braunschweig, E. Langlotz, D. Dontsov, SIOS Meßtechnik GmbH, Ilmenau, C. Engesser, DIN e.V., Berlin, A. Beutlerd, MAHR GmbH, Wiesbaden
(Abstract)

B.2: Messunsicherheit, Metrologie & Normung

Sitzungsleiter: G. Gerlach, Technische Universität Dresden

B.2.1 Theoretical Considerations on Photo-Optical Measurement Data Registration Admissible as Evidence in Legal Metrology 158

M. Esche, M. Schmidt, M. Nischwitz, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Berlin, M. Elfroth, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, S. Heller, Technische Universität Berlin, M. Beermann, M. Asbach, B. Krausz, M. Lierfeld, pixolus GmbH, Köln

B.2.2 Metrological characterisation of rotational speed measurement using an inclinometer in a nacelle test bench	165
Z. Song, P. Weidinger, R. Kumme, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) Braunschweig, M. Heller, H. Zhang, Fraunhofer IWES, Bremerhaven, R. S. Oliveira, Instituto Nacional de Metrologia, Duque de Caxias (Brazil)	
B.2.3 Evaluation of Precision, Accuracy and Threshold for the Design of Vibrotactile Feedback in Eye Tracking Applications.	169
A. Fischer, T. Wendt, P. Gawron, L. Stiglmeier, University of Applied Sciences Offenburg, K. van Laerhoven, University of Siegen	
B.2.4 DIN SPEC 91411: Eine standardisierte Darstellung für magnetische Maßverkörperungen ..	175
R. Slatter, ITK Dr. Kassen GmbH, Lahnuau, J. Gerber, INNOMAG e.V., Kaiserslautern	
 B.3: Optische Messtechnik – 2	
Sitzungsleiter: B. Scherer, Endress+Hauser, Freiburg	
B.3.1 Schlieren imaging with fractional Fourier transform to visualise ultrasonic fields.	180
T. Hetkämper, L. Claes, B. Henning, Universität Paderborn	
B.3.2 Absolute optical spectroscopy for determining the degree of cross-linking of plastics	185
N. Halmen, L. Mittelberg, B. Baudrit, T. Hochrein, M. Bastian, Das Kunststoff-Zentrum (SKZ), Würzburg, F. Bergmann, D. Reitzle, C. S. Happ, A. Kienle, Universität Ulm	
B.3.3 Development of a compact NIR sensor using MEMS-FPI NIR spectral detectors	192
J. Otto, K.-L. Krieger, ITEM, Universität Bremen, H. Andreesen, ADVES GmbH & Co. KG, Goldenstedt-Lutten	
B.3.4 Using the Phase Response of Fiber Bragg Gratings for Measurement Applications.	200
U. Nordmeyer, N. Neumann, D. Plettmeier, Technische Universität Dresden, T. Thiel, Advanced Optics Solutions GmbH, Dresden, K. Kojucharow, Kojucharow Microwave Development and Components, Dresden	
 B.4: Self-X & mechanische Sensorik	
Sitzungsleiter: S. J. Rupitsch, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg	
B.4.1 Novel method for determining the center of gravity height of mass standards	204
M. Pabst, T. Fröhlich, Technische Universität Ilmenau	
B.4.2 Tool tip to spindle-integrated sensor transfer function prediction using receptance coupling.	208
A. Strachkov, C. Brecher, P. Chavan, M. Fey, RWTH Aachen (Abstract)	
B.4.3 Low-Cost Efficient Indirect Power Monitoring Method for Optimization of Reconfigurable Analog Readout Circuits with Self-X Capabilities.	209
Q. Zaman, S. Alraho, A. König, KISE, Technische Universität Kaiserslautern	
B.4.4 Quasi-Digital CMOS Temperature Sensor for on-Chip Thermal Monitoring of Self-X Systems	214
S. Alraho, Q. Zaman, A. König, KISE, Technische Universität Kaiserslautern	

B.5: Mikro- und Nanomesssysteme

Sitzungsleiter: R. Tutsch, Technische Universität Braunschweig, Braunschweig

B.5.1 Differentiating between serial, hybrid and parallel dimensional metrology 219

E. Wenig, U. Grömmel, T. Hausotte, Universität Erlangen-Nürnberg

B.5.2 Nanopositionier- und Nanomessmaschinen – Herausforderungen bei der Visualisierung großer Messvolumina mit Übersichtsbildern im Gigapixel-Bereich 224

O. Birli, F. Schwesinger, E. Manske, Technische Universität Ilmenau

B.5.3 Amplituden- und Phasenmodulation in der Lock-In-gelichteten differentiellen konfokalen Profilometrie 235

J. Belkner, J. Stauffenberg, A.-V. Häcker, I. Ortlepp, E. Manske, Technische Universität Ilmenau

B.5.4 Contact Resonance Imaging with Vertical Nanowire Arrays. 245

M. Fahrbach, J. Xu, Technische Universität Braunschweig, P. Klapetek, CEITEC BUT, Brno (Czech Republic), J. Martinek, Czech Metrology Institute, Brno (Czech Republic), E. Peiner, Technische Universität Braunschweig

B.6: Berührungslose Messtechnik

Sitzungsleiter: G. Fischerauer, Universität Bayreuth

B.6.1 Wireless read-out of a resonant temperature sensor over an acoustic channel 251

T. Schaechtle, T. Aftab, L. M. Reindl, S. J. Rupitsch, IMTEK, University of Freiburg

B.6.2 Wiegand-Effect-Powered Wireless IoT Sensor Node 255

J. Wiegner, H. Volker, F. Mainz, A. Backes, M. Löken, Centitech GmbH (part of FRABA B.V. group), Aachen, F. Hüning, University of Applied Sciences Aachen

B.6.3 On the Localization of Sound Sources with Moving Microphones 261

T. Rittenschober, Seven Bel GmbH, Linz (Österreich)

B.6.4 Development of a Compact Wireless Sensor for Electric Field Measurements 268M. Lenzhofer, J. Zikulnig, C. Mayer, J. Kosel, Silicon Austria Labs GmbH, Villach
(Abstract)**B.7: Prozessmesstechnik**

Sitzungsleiter: A. Lambrecht, Fraunhofer IPM, Freiburg

B.7.1 Die NAMUR Technologie-Roadmap „Prozess-Sensoren 2027+“ Thesen und Anwendungsbeispiele. 270

M. Vahlenkamp, F. Grümbel, Lanxess Deutschland GmbH, Leverkusen, N. Weber, NAMUR Geschäftsstelle, c/o Bayer AG, Leverkusen, A. Lambrecht, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau

B.7.2 Ultrasound based Fouling Detection in Polymerization Processes. 272

M. Osenberg, S. Westerdick, T. Musch, Ruhr University Bochum, J. Förster, J. Tebrügge, KROHNE Innovation GmbH, Duisburg, E. von Grothuss, Covestro Deutschland, Leverkusen

B.7.3 Kompaktes ATR Sensormodul für die Flüssigkeitsanalyse 275

A. Isserstedt-Trinke, A. Magi, S. Biermann, Micro-Hybrid Electronic GmbH, Hermsdorf, A. Lambrecht, C. Bolwien, H. Fuhr, G. Sultz, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau, J. Wöllenstein, Universität Freiburg

B.7.4 Planar mapping of the liquid fraction of froth using ultrasound.	277
H. Emmerich, D. Weik, L. Büttner, J. Czarske, Technical University Dresden, L. Knüpfer, K. Eckert, S. Heitkam, Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, P. Trtik, Paul Scherrer Institut, Villigen (Switzerland), E. Starke, SICK Engineering GmbH, Ottendorf-Okrilla	
 B.8: Machine Learning	
Sitzungsleiter: V. Migunov, ABB Corporate Research, Ladenburg	
B.8.1 Prediction quality, domain adaptation and robustness of Machine Learning methods: a comparison	281
P. Goodarzi, A. Schütze, T. Schneider, ZeMA – Research group Data Engineering and Smart Sensors, Saarland University, Saarbrücken	
B.8.2 Automated Condition Monitoring for Helical Gears based on measuring Instantaneous Angular Speed with Magneto-resistive Sensors.	283
S. Pültz, Y. Robin, A. Schütze, T. Schneider, Universität des Saarlandes, Saarbrücken, Y. Koch, E. Kirchner, Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, D. Quirnheim Pais, L. Rauber, Sensitec GmbH, Wetzlar	
B.8.3 KI-Verfahren zur Erkennung strömender Flüssigkeiten mit Clamp-on Ultraschall.	288
S. Wöckel, H. Arndt, Institut für Automation und Kommunikation e.V., Magdeburg (Abstract)	
B.8.4 Evaluation of the generalization performance of a CNN-assisted BOFDA system	289
C. Karapanagiotis, Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin	
 B.9: Messelektronik	
Sitzungsleiter: E. Starke, SICK Engineering GmbH, Ottendorf-Okrilla	
B.9.1 A Fast, Ultra-Low Noise Current Amplifier with Linear Range from Femtoamperes to Nanoamperes	293
C. Wendt, A. Bohnhorst, S. Zimmermann, A. T. Kirk, Leibniz University Hannover	
B.9.2 Optimization of Electrical Oscillators for an Efficient Operation of Resonant Piezoelectric Sensors	297
M. Wich, IMTEK, University of Freiburg, F. Hubert, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen- Nürnberg, J. Helmerich, S. J. Rupitsch, IMTEK, University of Freiburg	
B.9.3 Fast Spectrum Monitoring System for the 2.45 GHz ISM-Band Based on Standard RF-Transceiver Chips	301
B. Solzbacher, T. Doebbert, C. Cammin, G. Scholl, Electrical Measurement Engineering, Helmut-Schmidt-University, Hamburg	
B.9.4 Simulation nichtlinearer Effekte von Keramikkondensatoren auf die induktive Energie- versorgung implantierbarer Mikrostimulatoren	308
Y. Olsommer, F. R. Ihmig, Fraunhofer IBMT, Sulzbach	

C.1: Sensoren für das Internet der Dinge

Sitzungsleiter: S. J. Rupitsch, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- C.1.1 Digital twins for flexible linking of live sensor data with real-time models 316**
 R. Jedermann, K. Singh, W. Lang, University Bremen, P. Mahajan, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy (ATB), Potsdam
- C.1.2 Sensoren im Internet-der-Dinge..... 323**
 T. Schildknecht, Schildknecht AG, Murr
(Abstract)
- C.1.3 Einsatz von Blockchain im Bereich Smart Production 324**
 M. Haid, Hochschule Darmstadt, Darmstadt
- C.1.4 Performance of a Digital Twin platform for tracing quality changes in fruits 327**
 K. Singh, R. Jedermann, Institute for Microsensors, Actuators, and Systems (IMSAS), University of Bremen

C.2: Thermische Messtechnik

Sitzungsleiter: K. Schmitt, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- C.2.1 Miniaturisiertes DSC-Gerät mit integrierter Wägeeinrichtung: Erste Schritte..... 333**
 J. Distler, T. Wöhrl, R. Werner, R. Moos, J. Kita, Universität Bayreuth, M. Gerlach, M. Gollner, V. Linseis, F. Linseis, Linseis Messgeräte GmbH, Selb
- C.2.2 Vorstellung des Konzepts eines keramischen Wärmestromsensors..... 336**
 F. Bartz, S. Gehrman, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Messtechnik Automatisierungstechnik, Weissach, S. Augustin, S. Marin, Technische Universität Ilmenau, C. Lohrberg, Fraunhofer LTCC und HTCC, Dresden
- C.2.3 Uncooled IRFPAs based on scalable nanotube microbolometers with 6 µm pixel pitch for thermal imaging..... 341**
 M. Michel, S. Blaeser, E. Zakizade, T. Geruschke, S. Weyers, D. Weiler, Fraunhofer IMS, Duisburg
- C.2.4 Active thermal probe for continuous and direction-dependent measurement of the energy influx in plasma technological processes..... 344**
 R. Wiese, Ampower science and engineering GmbH, Forchheim, H. Kersten, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, G. Wiese, Sonotec GmbH, Halle, R. Bartsch, Universität Darmstadt

C.3: Messtechnik für Umwelt und Nachhaltigkeit I

Sitzungsleiter: S. Zimmermann, Leibniz Universität Hannover, Hannover

- C.3.1 Innovative Sensor Application: Sensor Egg in the Nest of Curlews 349**
 K. Gintner, T. Bartman, B. Beck, L. Hellstern, R. Huss, University of Applied Sciences Karlsruhe, M. Boschert, Bioplan Bühl-Baden im Auftrag des RP Freiburg und Karlsruhe, M. Reinschmidt, Zoologischer Garten Karlsruhe
- C.3.2 Validation of the suitability of electrical impedance spectroscopy for the in-situ monitoring of nitrate in sandy soil..... 352**
 X. Ma, L. Bifano, M. Oehme, G. Fischerauer, University of Bayreuth

C.3.3 Detection of microplastics in water using electrical impedance spectroscopy and support vector machines	356
L. Bifano, V. Meiler, R. Peter, G. Fischerauer, University of Bayreuth	
C.3.4 A novel approach to optically detect microplastic in an environmental matrix with Rapid-FLIM.....	360
M. Wohlschläger, M. Versen, Technische Hochschule Rosenheim, Rosenheim, C. Laforsch, Universität Bayreuth	
C.4: Zustandsüberwachung	
Sitzungsleiter: B. Henning, Universität Paderborn, Paderborn	
C.4.1 Potenziale faseroptischer Messsysteme zur Überwachung faserverstärkter Primärstrukturen.....	366
M. Zießler, C. Albani, Institut für Konstruktion und Verbundbauweisen gGmbH, Döbeln	
C.4.2 Structural Health Monitoring of Bridges using both local vibrations and tructure-borne acoustic waves	373
R. Peter, L. Baumann, M. Michel, A. Fischerauer, G. Fischerauer, Universität Bayreuth	
C.4.3 Eignung des Potentialsondenverfahrens für die Zustandsüberwachung von Brücken.....	378
E. Schneegans, C. Rembe, Technische Universität Clausthal, J. Hug, SincoTec Holding GmbH, Clausthal-Zellerfeld	
C.4.4 Berührungslose Diagnose von Gasreinigungsprozessen durch immobilisierte ionische Fluide unter Verwendung der Resonanzkörper-Störmethode.....	387
V. Malashchuk, A. Jess, R. Moos, Universität Bayreuth	
C.5: Messtechnik für Umwelt und Nachhaltigkeit II	
Sitzungsleiter: A. Schütze, Universität des Saarlandes, Saarbrücken	
C.5.1 On the Design of Low-Cost Inductive Conductivity Sensors for Salinity Measurement in Oceangoing IoT Applications.....	390
F. J. Klar, J. Harms, T. A. Kern, Hamburg University of Technology	
C.5.2 High Temperature Electrochemical CO/HC Sensor for Wood Firing Process: Signal Stabilization by Dynamic Electrochemical Methods.....	394
X. Zhang, C. Schwab, B. Ojha, H. Kohler, ISIS, Karlsruhe University of Applied Sciences	
C.5.3 Non-destructive differentiation of treated and non-treated wood using fluorescence lifetime imaging microscopy.....	397
N. Leiter, M. Wohlschläger, M. Versen, Technische Hochschule Rosenheim, C. Laforsch, Universität Bayreuth	
C.5.4 Faseroptik Sensorsystem zur Überwachung von Rotationsereignissen und -phänomenen. . . .	403
O. Lange, W. Lange, S. Taschke, Lange-Electronic GmbH, Gernlinden, K. von Huenerbein, Lange-Electronic GmbH, Bielefeld	

C.6: Sensorik für Bevölkerungsschutz

Sitzungsleiter: L. M. Reindl, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- C.6.1 Messtechnologien im Einsatz: Anforderungen für die Verwendung neuer Sensorsysteme im Bevölkerungsschutz** 409
 A. Braun, Bundesanstalt Technisches Hilfswerk (THW), Bonn, L. Landsberg, O. Aimé Mudimu, Institut für Rettungswesen und Gefahrenabwehr (TH Köln), Köln
- C.6.2 Detektion der Atembewegung mit einem Radarsystem** 413
 D. Shi, T. Aftab, G. Gidion, L. M. Reindl, S. J. Rupitsch, IMTEK, Universität Freiburg
- C.6.3 Laser-basierte Ferndetektion von Propan und Methan** 418
 J. Herbst, S. Rademacher, T. Strahl, E. Maier, J. Wöllenstein, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau
- C.6.4 Erstellung von Building Information Models von Trümmerfeldern basierend auf 3D-Punktwolken** 420
 A. Rahimi, N. Gebbeken, Universität der Bundeswehr München, Neubiberg

C.7: Point of care und medizinische Anwendungen

Sitzungsleiter: J. Kieninger, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

- C.7.1 Miniaturisierter transkutaner Sensor für die Überwachung der CO₂-Blutgaswerte** 426
 M. El-Safoury, C. Weber, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau, H. Yassine, J. Wöllenstein, K. Schmitt, IMTEK, Universität Freiburg
- C.7.2 Implementation and validation of a new ultrasound probe for continuous radial arterial measurements in an in vitro biomimetic cardiovascular setup** 428
 A. B. Amado-Rey, K. Devkota, T. Stieglitz, Albert-Ludwigs-University, Freiburg
(Abstract)
- C.7.3 Energieautarkes NFC-Messsystem zum Auslesen von LFA-Teststreifen** 429
 M. Ismer, A. Rolapp, B. Bieske, IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau
- C.7.4 Comparative experimental analysis of impedance and ultrasound measurements to evaluate cerebrospinal fluid for hydrocephalus diagnosis** 437
 A. B. Amado-Rey, T. Stieglitz, Albert-Ludwigs-University, Freiburg, M. Fournelle, Fraunhofer IBMT, Saarbrücken
(Abstract)

C.8: Prüf- und Sicherheitstechnik

Sitzungsleiter: A. Schütze, Universität des Saarlandes, Saarbrücken

- C.8.1 Towards the practical use of active methane imaging.** 438
 M. Bergau, B. Scherer, Endress+ Hauser Process Solutions GmbH, Freiburg, T. Strahl, J. Wöllenstein, IMTEK, Freiburg
(Abstract)
- C.8.2 Aktive optische Bildgebung zum Aufspüren von kleinen Methanlecks.** 440
 T. Strahl, J. Herbst, Fraunhofer IPM, Freiburg im Breisgau, M. Bergau, Endress+Hauser Process Solutions GmbH, Freiburg, K. Schmitt, J. Wöllenstein, Universität Freiburg

C.8.3 New high resolution Thermopile Arrays for IR Imaging, person detection and consumer applications.	442
J. Schieferdecker, M. Schnorr, B. Forg, F. Herrmann, C. Schmidt, W. Leneke, M. Simon, M. Schulze, Heimann Sensor GmbH, Dresden	

C.8.4 Absicherung der Dichtheit von Sensorsystemen im Produktionsprozess	445
J. Lapsien, CETA Testsysteme GmbH, Hilden	

Posterpräsentationen

P2 Rotationally Symmetrical Speed Sensor with Detection of Direction of Rotation	449
K. Gintner, University of Applied Sciences Karlsruhe	

P4 Intelligent Instrumented Belaying System in Sports Climbing	452
H. Oppel, M. Munz, University of Ulm	

P5 Sensoren für Test Rigs – MADE TO MEASURE	459
H. A. Holtkamp, disynet GmbH, Brüggen	

P6 Concept of a monolithic stiffness-compensated mechanism for high-resolution force sensors.	461
M. Wittke, M. A. Torres Melgarejo, R. Theska, Technische Universität Ilmenau	

P7 Weiterentwicklung inliniefähiger Messsysteme zur Quantifizierung von Additiven in hochgefüllten Medien	465
J. Klein, N. Halmen, K. Dietl, L. Mittelberg, B. Baudrit, T. Hochrein, M. Bastian, SKZ – das Kunststoff-Zentrum, Würzburg, T. Bäuerle, A. Stuhl, M. Brecht, Hochschule Reutlingen	

P8 Cavity Perturbation for In-Situ Monitoring of Microplastics in Water	470
R. Peter, L. Bifano, G. Fischerauer, Universität Bayreuth	

P9 Strahlungsresistente, temperaturstabile Bolometer für Fusionsexperimente.	474
S. Schmitt, P. Detemple, Fraunhofer IMM, Mainz, F. Penzel, H. Meister, Max-Planck Institute for Plasma Physics, Garching, L. C. Ingesson, F4E, Barcelona (Spain)	

P10 Separation Estimation with Thermal Cameras for Separation Monitoring in Human-Robot Collaboration	478
U. B. Himmelsbach, N. Hangst, P. Gawron, L. Stiglmeier, T. M. Wendt, Hochschule Offenburg	

P11 Kalibriereinrichtung für Wärmestromsensoren	482
S. Marin, S. Augustin, J. Beerel, T. Fröhlich, Technische Universität Ilmenau, F. Bartz, S. Gehrman, Dr. Ing. h.c. F. Porsche AG, Weissach	

P12 Unterstützung der automatisierten Auswertung chemisch-analytischer Messungen von Spirituosen durch validierte Algorithmen und eine intuitive Benutzeroberfläche	487
A. Grasskamp, S. Singh, H. Haug, T. Sauerwald, Fraunhofer IVV, Freising	

P13 Monitoring of defrosting in food by ultrasound measurement techniques.	492
R. Jha, W. Lang, R. Jedermann, IMSAS, University of Bremen	

P14 Sensor magnet quality control using a magnetic field camera.	496
K. Vervaeke, Magcam NV, Leuven (Belgium)	

- P15 Simulation and Verification of 3D Printed Oscillators for Vibration Energy Harvester 499**
 P. Gawron, T. M. Wendt, N. Hangst, L. Stiglmeier, U. B. Himmelsbach, A. Fischer, Hochschule
 Offenburg
- P16 An internet of things system for monitoring and control of mobile diesel tanks 503**
 G. Rodriguez Gutierrez, Y. Ouyang, A. Ortiz Perez, S. Palzer, Technical University Dortmund
- P17 450 MHz for Smart Metering & Smart Grid 505**
 A. Elhaddad, F. Irnstorfer, G. Fischer, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)
(Abstract)
- P18 Frei positionierbare Dual-Roboteranlage zur zerstörungsfreien Prüfung von großflächigen
 Leichtbaustrukturen 506**
 T. Reindl, M. Kreuzbruck, Universität Stuttgart
- P19 Miniaturisierte US-Sensoren zur Hochfeuchtebestimmung über 200 °C 510**
 T. Frank, M. Kermann, T. Klein, A. Letsch, A. Grün, T. Ortlepp Forschungsinstitut für Mikro-
 sensorik GmbH, Erfurt
(Abstract)
- P20 Innovative mixing technique by self-regulating pressurisation 512**
 J. Millauer, A. H. Foitzik, Technical University of Applied Science Wildau (THWi) Wildau,
 M. Minieri, Università degli Studi di Roma „Tor Vergata“ (URTV), Roma (Italy)
- P21 Hochpräzise Temperaturmessung und potentielle Überwachung von Strömungsparametern
 mit Hilfe eines multisensorischen Messsystems 517**
 L. Lippmann, Technischer Universität Ilmenau, Erfurt, K. Irrgang, Temperaturmesstechnik
 Geraberg GmbH, Geraberg
- P22 Energy self-sufficient systems for monitoring sewer networks 523**
 J. Gruber, S. Mathis, ZHAW, Winterthur (Schweiz), C. Ebi, S. Bloem, F. Blumensaat,
 J. Rieckermann, EAWAG, Dübendorf (Schweiz)
- P23 UHF-RFID-basiertes System zur drahtlosen Temperaturüberwachung 531**
 S. Taschke, Lange-Electronic GmbH, Stuttgart
- P24 Design, Fabrication and characterization of CMUT sensors for targeted applications in
 borehole imaging**
 N. Saeidi, K. Selvam, F. Tortato, M. Satwara, M. Wiemer, H. Kuhn, Fraunhofer ENAS, Chemnitz
(Beitrag lag nicht vor)

Programmübersicht

Raum Amsterdam, NCC West **Raum Dublin, NCC West** **Saal London, NCC West** **Raum Zürich, NCC West**
Dienstag, 10. Mai 2022 **Dienstag, 10. Mai 2022** **Dienstag, 10. Mai 2022** **Dienstag, 10. Mai 2022**

Saal London, NCC West
 9:00 Eröffnung
 9:45 Verleihung AMA Innovationspreis
 10:00 Festvortrag
 11:00 Plenarvortrag 1

Saal London, NCC West
 9:00 Eröffnung
 9:45 Verleihung AMA Innovationspreis
 10:00 Festvortrag
 11:00 Plenarvortrag 1

11:45 Kaffeepause
 12:00 B.1 Optische Messtechnik I
 13:30 Mittagspause
 14:15 B.3 Optische Messtechnik - II
 15:45 Kaffeepause
 16:15 B.4 Self-X & mechanische Sensorik
 17:45-19:00 Postersession (Foyer Ebene 2)

11:45 Kaffeepause
 12:00 C.1 Sensoren für das Internet der Dinge
 13:30 Mittagspause
 14:15 A.2 Temperatursensoren
 15:45 Kaffeepause
 16:15 C.2 Thermische Messtechnik
 17:45-19:00 Postersession (Foyer Ebene 2)

11:45 Kaffeepause
 12:00 A.1 Gassensoren I
 13:30 Mittagspause
 14:15 A.3 Gassensoren II
 15:45 Kaffeepause
 16:15 A.5 Sensoren für die Industrie 4.0
 17:45-19:00 Postersession (Foyer Ebene 2)

11:45 Kaffeepause
 12:00 B.2 Messunsicherheit, Metrologie & Normung
 13:30 Mittagspause
 14:15 A.4 Kraft-, Drehmoment- und Drucksensoren
 15:45 Kaffeepause
 16:15 A.6 Sensorsysteme für extrem raue Bedingungen
 17:45-19:00 Postersession (Foyer Ebene 2)

19:00 Get together im Foyer Ebene 2, NCC West

19:00 Get together im Foyer Ebene 2, NCC West

Mittwoch, 11. Mai 2022 **Mittwoch, 11. Mai 2022**

Mittwoch, 11. Mai 2022 **Mittwoch, 11. Mai 2022**

Saal London, NCC West
 9:00 Plenarvortrag 2
 9:30 Plenarvortrag 3

Saal London, NCC West
 9:00 Plenarvortrag 2
 9:30 Plenarvortrag 3

10:00 Kaffeepause
 10:30 C.3 Messtechnik für Umwelt und Nachhaltigkeit I
 12:00 Mittagspause
 13:00 C.5 Messtechnik für Umwelt und Nachhaltigkeit II
 14:30 Kaffeepause
 15:00 C.7 Point of care und medizinische Anwendungen

10:00 Kaffeepause
 10:30 C.4 Zustandsüberwachung
 12:00 Mittagspause
 13:00 B.6 Berührungslose Messtechnik
 14:30 Kaffeepause
 15:00 B.8 Machine Learning

10:00 Kaffeepause
 10:30 A.7 Sensoren für die Wasserstofftechnologie
 12:00 Mittagspause
 13:00 B.7 Prozessmesstechnik
 14:30 Kaffeepause
 15:00 B.9 Messelektronik

10:00 Kaffeepause
 10:30 B.5 Mikro- und Nanomesssysteme
 12:00 Mittagspause
 13:00 C.6 Sensorik für Bevölkerungsschutz
 14:30 Kaffeepause
 15:00 C.8 Prüf- und Sicherheitstechnik

ITG-Fachberichte

Die Beiträge der ITG-Fachtagungen und -Workshops sind in den ITG-Fachberichten dokumentiert. Die von Programmausschüssen selektierten und zumeist reviewten Beiträge stellen aktuelle Entwicklungen aus der Informationstechnik vor.

VDE

VERLAG

Technik. Wissen.
Weiterwissen.



ITG-Fachbericht Band 302

MBMV 2022

Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen

25. Workshop, 17. – 18. Februar 2022, Hochschule Niederrhein, Online-Veranstaltung

► Der Workshop der GMM/ITG/GI-Fachgruppen 3 und 4 „Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen (MBMV2022)“ ist ein Forum, um neue Trends, Ergebnisse und aktuelle Fragen auf dem Gebiet der Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen zu diskutieren.

2022, 72 Seiten, CD-ROM

48,- €

ISBN 978-3-8007-5754-1 (CD-ROM)

ISBN 978-3-8007-5755-8 (E-Book)

Titel / Untertitel	Jahr	Seiten	Buch/CD/E-Book	ISBN-Nummer	Preis
ITG-Fachbericht Band 301 – Kommunikationskabelnetze Vorträge der 28. ITG-Fachtagung, 14. – 15. Dezember 2021 in Köln	2021	151	- / + / +	978-3-8007-5709-1 (CD-ROM) 978-3-8007-5710-7 (E-Book)	87,-
ITG-Fachbericht Band 300 – WSA 2021 25th International ITG Workshop on Smart Antennas 10 – 12 November 2021, EURECOM, French Riviera	2021	471	- / + / +	978-3-8007-5686-5 (CD-ROM) 978-3-8007-5688-9 (E-Book)	198,-
ITG-Fachbericht Band 299 – Mobilkommunikation – Technologien und Anwendungen Vorträge der 25. ITG-Fachtagung, 3. – 4. November 2021 in Osnabrück	2021	139	+ / - / +	978-3-8007-5674-2 (Buch) 978-3-8007-5675-9 (E-Book)	80,-
ITG-Fachbericht Band 298 – Speech Communication 14th ITG Conference, 29.09. – 01.10.2021, Online-Event	2021	223	- / + / +	978-3-8007-5627-8 (CD-ROM) 978-3-8007-5628-5 (E-Book)	116,-
ITG-Fachbericht Band 297 – Photonische Netze Beiträge der 22. ITG-Fachtagung, 19. – 20. Mai 2021, Online-Veranstaltung	2021	91	- / + / +	978-3-8007-5555-4 (CD-ROM) 978-3-8007-5556-1 (E-Book)	52,-
ITG-Fachbericht Band 296 – MBMV 2021 Methoden und Beschreibungssprachen zur Modellierung und Verifikation von Schaltungen und Systemen 24. Workshop, 18. – 19. März 2021, TU München, Online-Veranstaltung	2021	136	- / + / +	978-3-8007-5500-4 (CD-ROM) 978-3-8007-5501-1 (E-Book)	78,-
ITG-Fachbericht Band 295 – Breitbandversorgung in Deutschland Beiträge der 15. ITG-Fachkonferenz, 2. – 3. März 2021, Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin	2021	55	- / - / +	978-3-8007-5475-5 (E-Book)	32,-
ITG-Fachbericht Band 294 – Photonische Netze Beiträge der 21. ITG-Fachtagung, 24. – 25. November 2020, Online-Veranstaltung	2020	129	- / + / +	978-3-8007-5423-6 (CD-ROM) 978-3-8007-5424-3 (E-Book)	74,-
ITG-Fachbericht Band 293 – ANALOG 2020 Analoge Schaltungen: Schlüsselsysteme für Automotive, IoT und zukünftige drahtlose Technologien Beiträge der 17. ITG/GMM-Fachtagung, 28. – 30. September 2020, Online-Veranstaltung	2020	88	- / - / +	978-3-8007-5336-9 (E-Book)	51,-
ITG-Fachbericht Band 292 – Breitbandversorgung in Deutschland Beiträge der 14. ITG-Fachkonferenz, 23. – 24. März 2020, Fraunhofer Heinrich-Hertz-Institut, Berlin	2020	54	- / - / +	978-3-8007-5223-2 (E-Book)	31,-
ITG-Fachbericht Band 291 – WSA 2020 24th International ITG Workshop on Smart Antennas February 18 – 20, 2020, Hamburg, Germany	2020	396	- / + / +	978-3-8007-5200-3 (CD-ROM) 978-3-8007-5201-0 (E-Book)	187,-
ITG-Fachbericht Band 290 – Kommunikationskabelnetze Vorträge der 26. ITG-Fachtagung, 10. – 11. Dezember 2019 in Köln	2019	110	+ / + / +	978-3-8007-5158-7 (Buch/CD) 978-3-8007-5159-4 (E-Book)	69,-

Sämtliche Veröffentlichungen der ITG-Fachberichte können auch im Abonnement bezogen werden. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Bestellen Sie jetzt: (030) 34 80 01-222 oder www.vde-verlag.de/itg-fachberichte



Tagungsbände online

Erwerb von einzelnen Tagungsbeiträgen im PDF-Format

Der VDE VERLAG publiziert jährlich rund 30 Tagungsbände mit mehr als 1.500 Fachbeiträgen. Diese können Sie auch einzeln erwerben. Zurzeit stehen Ihnen mehr als 24.000 Fachbeiträge im PDF-Format zum Download zur Verfügung. Die Kosten pro Beitrag betragen 15,- €.

Recherchieren Sie auf www.vde-verlag.de in einer täglich wachsenden Zahl von technisch-wissenschaftlichen Fachbeiträgen und erwerben Sie diese im direkten Download mit bequemen Bezahlmöglichkeiten per Kreditkarte oder PayPal.

Weitere Informationen: www.vde-verlag.de/buecher/proceedings/beitraege-suchen.html