



**Identifikation von Beinahekollisionen in maritimen
Verkehrsdaten als Ground-Truth für szenariobasiertes
Testen**

Von der Fakultät für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften
der Carl von Ossietzky Universität Oldenburg zur Erlangung des Grades
und Titels eines

Doktors der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

angenommene Dissertation

von Herrn Arne Lamm

geboren am 16. August 1992 in Delmenhorst

GutachterInnen

Prof. Dr.-Ing. Axel Hahn

Prof. Dr. Daniela Nicklas

Tag der Disputation

31. Mai 2023

Danksagung

An erster Stelle danke ich meinem Doktorvater Axel Hahn. Du gabst den Anstoß für meine wissenschaftliche Laufbahn, die ich ohne deine Begeisterung für das Thema wohl nie in Erwägung gezogen hätte und eröffnetest mir hierdurch eine neue Welt. Danke für deine Unterstützung und deinen Glauben an mich, der mich von der Universität Oldenburg über das OFFIS e.V. bis zum DLR e.V. geführt hat. Die unzähligen ermutigenden und fachlichen Gespräche halfen mir, trotz Krisen, immer wieder auf Kurs und halfen zur Anfertigung dieser Arbeit.

Ich danke Daniela Nicklas für die Bereitschaft zur zweiten Begutachtung dieser Arbeit. Der Austausch, vor allem in den letzten Zügen, gab nochmal die Impulse und Denkanstöße, die ich gebraucht habe, um der Arbeit den letzten Schliff zu verleihen.

Ebenso möchte ich den weiteren Mitgliedern meiner Prüfungskommission, Wolfram Wingerath für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission und Marco Grawunder für sein Einbringen als Mitglied der Prüfungskommission danken.

Ich danke meinen Kolleginnen und Kollegen der Abteilung Systemanalyse und -optimierung (Universität Oldenburg) und der Gruppe Kooperierende Mobile Systeme (OFFIS e.V.) für die unzähligen Gespräche und Kaffeepausen und die hier entstandenen kritischen Fragen und fachlichen Anmerkungen zu meiner Arbeit, die es gebraucht hat, um das Ergebnis in die richtige Richtung zu lenken. Ohne den Blick von außen, würde es diese Arbeit in dieser Form wohl nicht geben.

Ich danke euch: Malte, Britta, Ingo, Leo, Michi, Maren, Simone und Jens, dass ihr mich so nehmt wie ich bin und ich bei euch auch mal die Arbeit vergessen konnte.

Ich danke meinen Eltern Martina und Birger dafür, dass Sie mich auf meinem Lebensweg stets ermutigt, bestärkt und unterstützt haben. Ohne den bedingungslosen Rückhalt eurerseits hätte ich nie der Mensch werden können, der ich heute bin.

Der größte Dank gebührt meiner Frau Jana, die mein Leid, mein Fluchen und meine geistige Abwesenheit während der Anfertigung dieser Arbeit ertragen musste, mir dennoch den Rücken gestärkt und freigehalten hat, sodass diese Arbeit überhaupt entstehen konnte. Ich danke dir, dass du deine Träume aufgegeben hast, damit ich meinen verwirklichen konnte.

Und zum Schluss meiner wundervollen Tochter Alva. Mit deiner Geburt habe ich gelernt, dass es größere Dinge im Leben gibt. Deine Ankündigung gab den letzten Anstoß für die Finalisierung dieser Arbeit. Dein Papa liebt dich sehr. Sei dir meines Rückhalts auf deinem Lebensweg stets gewiss!

Zusammenfassung

Die Evaluation von hochautomatisierten Fahrfunktionen lässt sich aufgrund der steigenden Komplexität mit herkömmlichen Werkzeugen und Methoden nicht mehr bewältigen. Die Funktionsgrenzen können daher nicht mehr exakt bestimmt, sondern mit Szenarien lediglich systematisch abgetastet werden. Hierfür werden durch Verfahren der geführten Simulation gezielt relevante Szenarien generiert, um mit diesen ein mögliches Fehlverhalten des zu testenden Systems zu provozieren. Ob ein System auch die in der Realität auftretenden Konfliktsituationen bewältigen kann, muss durch die Verwendung von realen Verkehrssituationen in der Simulation oder dem Einsatz des Systems in der Realität gezeigt werden. Eine Möglichkeit ist die Nutzung von Unfalldatenbanken aus der Unfallforschung. Da Unfälle stetig seltener auftreten, wird verstärkt auf Vorfälle, also sicherheitsgefährdende Situationen, für den Erkenntnisgewinn zurückgegriffen. Die Gefährdungsbeurteilung erfolgt aktuell jedoch durch die subjektive Einschätzung und Erfahrung von Fachleuten.

Im Rahmen dieser Arbeit wird daher die Forschungsfrage untersucht, wie sich validierungsrelevante Beinahekollisionssituationen aus historischen Verkehrsdaten detektieren und als Ground Truth nutzen lassen. Hierfür werden zunächst aus den Grundlagen die Anforderungen an die Datenbeschaffung, Datenanalyse und das Verfahren zur objektiven Detektion von Beinahekollisionen erhoben und gegen den Stand der Forschung und Technik geprüft. Gemäß dem datenwissenschaftlichen Prozess folgt eine Systemarchitektur, die eine kontinuierliche Verkehrsbeobachtung und die Speicherung und Untersuchung dieser erfassten Verkehrssituationen erlaubt. Zur Bestimmung von Beinahekollisionen werden zunächst die relevanten Einflussfaktoren hergeleitet und es folgt, gemäß der Definition, die Entwicklung mehrerer Methoden und Werkzeuge zur Identifikation von fahrerreaktionsbasierten, funktionsreaktionsbasierten, kontextbasierten und historienbasierten Auffälligkeiten. Als Vorbereitung auf die Evaluation schließt sich die Implementierung und Integration der Systemartefakte in das maritime Testfeld eMIR an.

Die Evaluation erfolgt anhand der prototypischen Umsetzungen, indem zunächst die einzelnen Artefakte separat für sich und abschließend als Gesamtsystem überprüft werden. Insgesamt kann durch die Implementierung und Evaluation die Erfüllung der Anforderungen und der Nutzen einer Beinahekollisionsdatenbank im Sinne der Wertschöpfung, gezeigt werden.

Abstract

Due to the increasing complexity, the evaluation of highly automated driving functions can no longer be managed with conventional tools and methods. The functional limits can therefore no longer be determined exactly, but can only be systematically tested with scenarios. For this purpose, guided simulation methods are used to generate specific relevant scenarios in order to provoke a possible misbehavior of the system under test. Whether a system is also able to cope with conflict situations occurring in reality must be demonstrated by using real traffic situations in the simulation or by using the system in reality. One possibility is the use of accident databases from accident research. Since accidents are occurring less and less frequently, more use is being made of incidents, i.e. situations that pose a risk to safety, to gain knowledge. However, the risk assessment is currently based on the subjective assessment and experience of experts.

In the context of this thesis, the research question is therefore investigated how validation-relevant near-collision situations can be detected from historical traffic data and used as ground truth. For this purpose, the requirements for data acquisition, data analysis and the procedure for objective detection of near-collisions are first collected from the basics and checked against the state of the art. According to the data science process, a system architecture follows that allows continuous traffic observation and the storage and investigation of these detected traffic situations. For the determination of near-collisions, first the relevant influencing factors are derived and, according to the definition, the development of several methods and tools for the identification of driver reaction-based, function reaction-based, context-based and history-based conspicuities follows. In preparation for the evaluation, the implementation and integration of the system artifacts into the maritime testbed eMIR follows.

The evaluation is carried out on the basis of the prototypical implementations by first checking the individual artifacts separately and finally as an overall system. In summary, the implementation and evaluation can demonstrate the fulfillment of the requirements and the benefits of a near-collision database in terms of value creation.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1.	Unfall- und Testfalldatenbanken zur Erprobung von Fahrerassistenzsystemen	3
1.2.	Herausforderungen.....	4
1.3.	Zieldefinition und Beitrag.....	10
1.4.	Aufbau der Arbeit.....	15
2.	Datenbanken als Werkzeug in der Unfallforschung	17
2.1.	Angewandte Unfalluntersuchungsmethoden	17
2.2.	Unfallverhütung in der Seeschifffahrt.....	23
2.2.1.	Maritime Regularien zur Vermeidung von Unfällen.....	23
2.2.2.	Ship Domain als Forschungsansatz zur Unfallvermeidung	26
2.3.	Maritime Infrastruktur	34
2.4.	Moving Objects in Databases	41
2.4.1.	Geodatenschemata.....	43
2.4.2.	Spatial Data Warehouse	45
3.	Stand der Forschung und Technik.....	49
3.1.	Anforderungserhebung	49
3.1.1.	Anforderungen and das Datenmanagement	51
3.1.2.	Anforderungen an die Detektion von Beinahekollisionen	54
3.1.3.	Anforderungen an die Bereitstellung von Beinahekollisionen in einem Testfeld.....	57
3.2.	Verwandte Arbeiten zur Detektion von Beinahekollisionen	58
3.2.1.	Domänenspezifische verwandte Arbeiten	59
3.2.2.	Domänenübergreifende verwandte Arbeiten.....	70
3.2.3.	Reflexion der verwandten Arbeiten und Handlungsbedarf	72
4.	Konzept zum Aufbau einer Beinahekollisionsdatenbank	75
4.1.	Gesamtarchitektur	76
4.2.	Datenbeschaffung.....	79
4.3.	Datenhaltung.....	83
4.3.1.	Spatial Data Warehouse	84
4.3.2.	Vorverarbeitung.....	88
4.4.	Analyse von Verkehrssituationen.....	92

4.4.1.	Herleitung der Einflussfaktoren	93
4.4.2.	Bewertung von Begegnungssituationen	98
4.4.3.	Kontextbetrachtung	107
4.4.4.	Bestimmung von Fahrerreaktionen und Unsicherheiten.....	113
4.4.5.	Berücksichtigung der Kollisionsverhütungsregeln.....	118
4.5.	Zusammenfassung und Anforderungserfüllung.....	123
5.	DaWINCSi - Data Warehouse for Incidents and Near Collision Situations.....	125
5.1.	Sensor Data Distribution Node	127
5.2.	Traffic Data Warehouse.....	130
5.3.	Near Collision Detection.....	134
5.4.	Zusammenfassung und Anforderungserfüllung.....	136
6.	Evaluation.....	139
6.1.	Begegnungen klassifizieren mit Wahrscheinlichkeiten und Ähnlichkeitsanalyse.....	139
6.2.	Risikobewertung unter Berücksichtigung von Kontextinformationen.....	141
6.3.	Fahrerreaktionen und Unsicherheiten erkennen mittels Manövernetz.....	143
6.3.1.	Evaluation der Manövererkennung mit CUSUM.....	143
6.3.2.	Evaluation des Manövernetzes – Anwendungsbeispiel 1: Routenempfehlung.....	147
6.3.3.	Evaluation des Manövernetzes – Anwendungsbeispiel 2: Anomalieerkennung	148
6.4.	Evaluation der Detektion vom Manöver des letzten Augenblicks.....	150
6.5.	Klassifikation von Beinahekollisionen.....	154
6.6.	Zusammenfassung und Anforderungserfüllung.....	156
7.	Fazit und Ausblick	159
	Literaturverzeichnis	163
	Abbildungsverzeichnis	181
	Abkürzungsverzeichnis.....	185
	Anhang.....	191

1.4. Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit ist an das Vorgehensmodell empirischer Forschung angelehnt, welche den Ablauf eines Erkenntnisprozesses in die fünf Phasen Erkundungsphase, Theoretische Phase, Untersuchungsphase, Auswertungsphase, sowie der Entscheidungsphase unterteilt [Clef15, S.7 ff.].

In der ersten Phase, der Erkundungsphase, geht es darum, zunächst eine Vorstellung über mögliche Zusammenhänge und Entstehungen des zu untersuchenden Gegenstandes zu erhalten. Dies erfolgt in der vorliegenden Arbeit im Kapitel 2, in welchem zunächst die Grundlagen der Unfallforschung, maritimer Kollisionsverhütung und Infrastruktur, sowie der Handhabung von geospatialen Daten und Datenmanagement beschrieben werden. Die gewonnen Erkenntnisse werden in Anforderungen überführt und mit dem existierenden Stand der Forschung und Technik gegenübergestellt, um die Wahrnehmung über eine vermeintliche Forschungslücke und den Beitrag dieser wissenschaftlichen Arbeit zu verifizieren (vgl. Kapitel 3).

Gemäß den Erkenntnissen wird in der theoretischen Phase, ein Konzept (Kapitel 4) entwickelt, dass zum einen den Rahmen für die Beantwortung der zugrundeliegenden Forschungsfragen schafft und zum anderen konkrete Artefakte als wissenschaftliche Beiträge liefert.

Zur Vorbereitung auf die Evaluation und Prüfung der konzeptionellen Lösungsvorschläge gegen die erhobenen Anforderungen wird in Kapitel 5 gemäß der Untersuchungsphase die Umsetzung und Realisierbarkeit der konzeptionellen Ergebnisse demonstriert und beschrieben.

Die Auswertungsphase prüft zunächst die einzelnen Komponenten (Verifikation) auf ihre Funktionalität. Abschließend werden die einzelnen Teile zu einem Gesamtprozess zusammengeführt, um die erfolgreiche Problemlösung durch das vorgeschlagene Gesamtkonzept zu untersuchen (Validierung). Diese Phase spiegelt sich in Kapitel 6 wider.

Zu guter Letzt wird das Ergebnis der Arbeit in Kapitel 7 zusammengefasst und ein Ausblick über die möglichen anknüpfenden Forschungsthemen gegeben. Dies bildet die Entscheidungsphase, die im Rahmen der empirischen Forschung den zukünftigen Einsatz, sowie die Validierung des Ergebnisses zum Inhalt hat.

Das vollständige Vorgehen und Aufbau dieser wissenschaftlichen Arbeit ist in Abbildung 4 dargestellt.

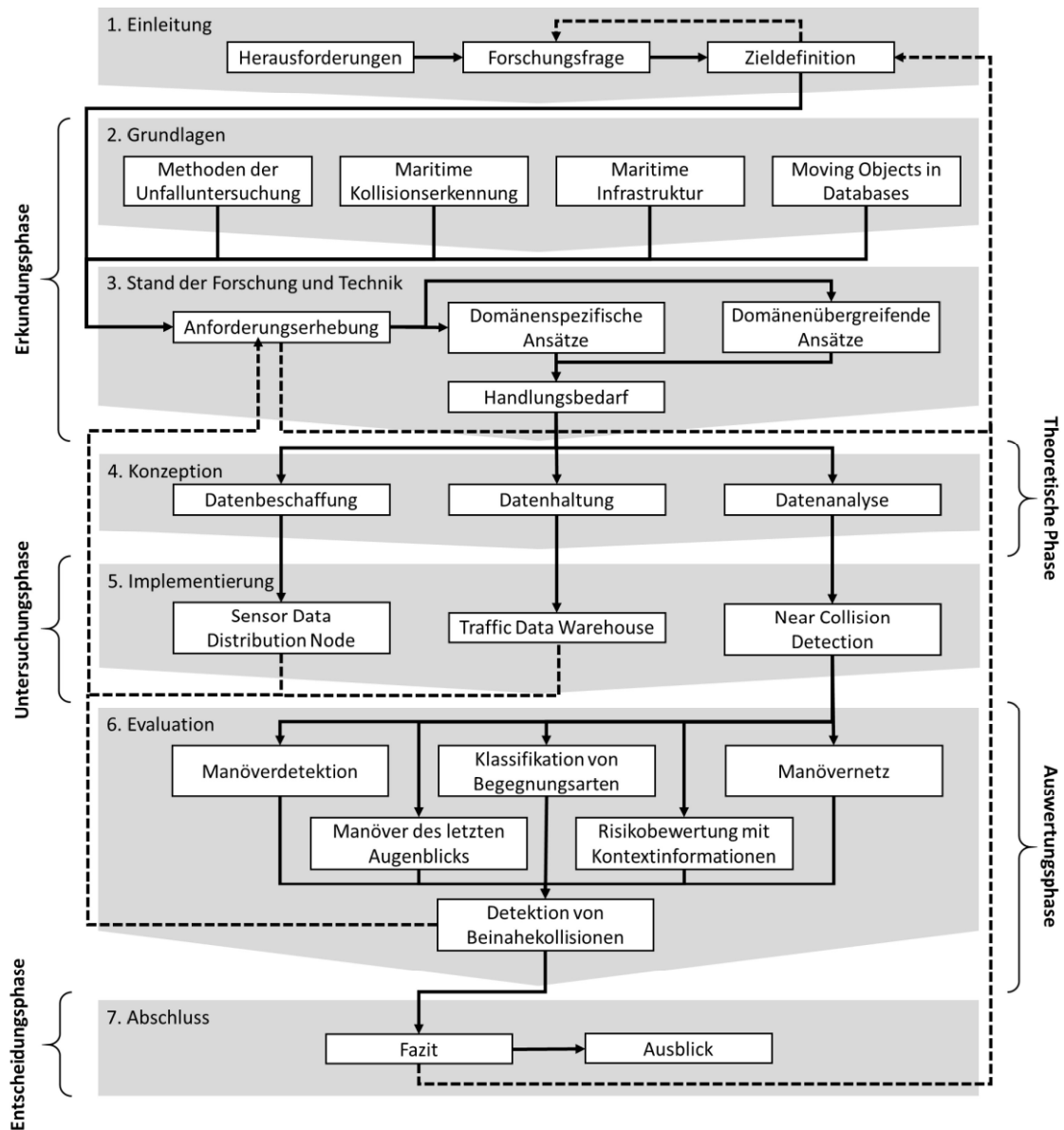


Abbildung 4: Aufbau der Arbeit basierend auf dem empirischen Vorgehensmodell von [Clef15]

Literaturverzeichnis

- [AbNI18] ABBASIFARD, MOHAMMAD REZA ; NADERI, HASSAN ; ISFAHANI ALAMDARI, OMID: Efficient Indexing For Past and Current Position of Moving Objects on Road Networks. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* Bd. 19 (2018), Nr. 9, S. 2789–2800
- [Abs03] ABS: *Guide for risk evaluations for the classification of marine-related facilities* : American Bureau of Shipping Houston, TX, 2003
- [ABXP08] ANGELOV, PLAMEN ; BOCANIALA, COSMIN DANUT ; XIDEAS, COSTAS ; PATCHETT, CHARLES ; ANSELL, DAREN ; EVERETT, MICHAEL ; LENG, GANG: A Passive Approach to Autonomous Collision Detection and Avoidance. In: *Tenth International Conference on Computer Modeling and Simulation (uksim 2008)*. Cambridge, UK : IEEE, 2008 — ISBN 978-0-7695-3114-4, S. 64–69
- [AmHy77] AMUNDSEN, F ; HYDEN, C: The Swedish traffic conflict technique. In: *Proceedings of First Workshop on Traffic Conflicts, Institute of Transport Economics, Oslo, 1977*, S. 1–5
- [AnDe10] ANDERSON, MARTIN ; DENKL, MICHAEL: The Heinrich Accident Triangle—Too Simplistic A Model for HSE Management in the 21st Century? In: *All Days*. Rio de Janeiro, Brazil : SPE, 2010, S. SPE-126661-MS
- [Asse09] ASSENMACHER, S: simTD: field operational test for determining the effectiveness of cooperative systems. In: *Proceedings 16th World Congress on Intelligent Transport Systems, 2009*
- [BaBl93] BAKKER, G.J. ; BLOM, H.A.P.: Air traffic collision risk modelling. In: *Proceedings of 32nd IEEE Conference on Decision and Control*. San Antonio, TX, USA : IEEE, 1993 — ISBN 978-0-7803-1298-2, S. 1464–1469
- [BaNO93] BASSEVILLE, MICHÈLE ; NIKIFOROV, IGOR V. ; OTHERS: *Detection of abrupt changes: theory and application*. Bd. 104 : Prentice Hall Englewood Cliffs, 1993
- [BaWa03] BAUER, MANFRED ; WANNINGER, LAMBERT: *Vermessung und Ortung mit Satelliten: GPS und andere satellitengestützte Navigationssysteme*. 5., neu bearb. und erw. Aufl. Heidelberg : Wichmann, 2003 — ISBN 978-3-87907-360-3
- [BDFM12] BENGLER, KLAUS ; DIETMAYER, KLAUS ; FÄRBER, BERTHOLD ; MAURER, MARKUS ; STILLER, CHRISTOPH ; WINNER, HERMANN: Die Zukunft der Fahrerassistenz.
- [BeCu04] BENJAMIN, M.R. ; CURCIO, J.A.: COLREGS-based navigation of autonomous marine vehicles. In: *2004 IEEE/OES Autonomous Underwater Vehicles (IEEE Cat. No.04CH37578)*. Sebasco, ME, USA : IEEE, 2004 — ISBN 978-0-7803-8543-6, S. 32–39
- [BéHa09] BÉDARD, YVAN ; HAN, JIAWEI: Fundamentals of Spatial Data Warehousing for Geographic Knowledge Discovery. In: MILLER, H. ; HAN, J. (Hrsg.): *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, Second Edition*. Bd. 20092275 : CRC Press, 2009 — ISBN 978-1-4200-7397-3, S. 45–68

-
- [BeHu16] BERKING, BERNHARD ; HUTH, WERNER: *Navigatorsische Schiffsführung, Handbuch Nautik. 2.*, komplett überarbeitete Auflage. Hamburg : Seehafen Verlag, 2016 — ISBN 978-3-96245-048-9
- [Benm15] BENMIMOUN, MOHAMED: *Automatisierte Klassifikation von Fahrsituationen auf Basis von Feldversuchsdaten, Schriftenreihe Automobiltechnik*. Aachen : fka Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen, 2015 — ISBN 978-3-940374-93-6
- [Benz04] BENZ, STEFAN: *Eine Entwicklungsmethodik für sicherheitsrelevante Elektroniksysteme im Automobil*, Universität Karlsruhe, PhD Thesis, 2004
- [BeRa18] BEINE, MICHAEL ; RASCHE, RAINER: Datenmanagement für das szenariobasierte Testen. In: *ATZextra* Bd. 23 (2018), S. 20–25
- [BMRM17] BAGSCHICK, GERRIT ; MENZEL, TILL ; RESCHKA, ANDREAS ; MAURER, MARKUS: Szenarien für Entwicklung, Absicherung und Test von automatisierten Fahrzeugen.
- [Borc14] BORCHERT, HEIKO: Maritime Sicherheit in Gefahr: Entwicklungstrends und Handlungsfelder. In: JOPP, H. D. (Hrsg.): *Maritime Sicherheit im 21. Jahrhundert* : Nomos, 2014 — ISBN 978-3-8452-5975-8, S. 51–74
- [Bosc19] BOSCH: 20 Jahre GIDAS –Erkenntnisse und Erfahrungen aus fahrzeugtechnischer Sicht.
- [Bott02] BOTTS, MIKE: *Sensor Model Language (SensorML) for Insitu and Remote Sensors*. OGC, 2002
- [BoWN14] BOLE, A. G. ; WALL, ALAN ; NORRIS, ANDY: *Radar and ARPA manual: radar, AIS and target tracking for marine radar users*. 3rd edition. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2014 — ISBN 978-0-08-097752-2
- [BPRD08] BOTTS, MIKE ; PERCIVALL, GEORGE ; REED, CARL ; DAVIDSON, JOHN: OGC@ Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture. In: NITTEL, S. ; LABRINIDIS, A. ; STEFANIDIS, A. (Hrsg.): *GeoSensor Networks, Lecture Notes in Computer Science*. Bd. 4540. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2008 — ISBN 978-3-540-79995-5, S. 175–190
- [BrHa17] BRINKMANN, MARIUS ; HAHN, AXEL: Testbed architecture for maritime cyber physical systems. In: *2017 IEEE 15th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*. Emden : IEEE, 2017 — ISBN 978-1-5386-0837-1, S. 923–928
- [Brin13] BRINKHOFF, THOMAS: *Geodatenbanksysteme in Theorie und Praxis: Einführung in objektrelationale Geodatenbanken unter besonderer Berücksichtigung von Oracle Spatial*. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Berlin : Wichmann, 2013 — ISBN 978-3-87907-513-3
- [Brin17] BRINKMANN, A.; BJØRN ÅGE HJØLLO, M.; HAHN: Physical Testbed for Highly Automated and Autonomous Vessels. In: BERTRAM, V. (Hrsg.): *16th International Conference on Computer and IT Applications in the Maritime Industries COMPIT 2017*: Technische

- Universität Hamburg-Harburg Industries, 2017 — ISBN 978-3-89220-701-6
- [Brin18] BRINKMANN, MARIUS: *Physikalische Testfeld-Architektur für die Unterstützung der Entwicklung von automatisierten Schiffsführungssystemen*, Carl von Ossietzky Universität, Fakultät II für Informatik, Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Department für Informatik, PhD Thesis, 2018
- [Brow02] BROWN, A.J.: Collision scenarios and probabilistic collision damage. In: *Marine Structures* Bd. 15 (2002), Nr. 4–5, S. 335–364
- [Bsu00a] BSU: *Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung - Geschichte der deutschen Seeunfalluntersuchung*. URL http://www.bsu-bund.de/DE/dieBSU/Geschichte/Geschichte_node.html. - abgerufen am 2017-05-26
- [Bsu00b] BSU: *Bundesstelle für Seeunfalluntersuchung - BSU heute*. URL http://www.bsu-bund.de/DE/dieBSU/BSUheute/BSUheute_node.html. - abgerufen am 2017-05-26
- [BuBC88] BURNS, R.S. ; BLACKWELL, G. ; CALVERT, S.: An automatic guidance, navigation and collision avoidance system for ships at sea. In: *IEE Colloquium on Control in the Marine Industry*, 1988, S. 3/1-3/3
- [BuMo09] BURG, H. ; MOSER, A. (Hrsg.): *Handbuch Verkehrsunfallrekonstruktion: Unfallaufnahme, Fahrdynamik, Simulation ; mit 152 Tabellen, Praxis ATZ/MTZ-Fachbuch*. 2., aktualisierte Aufl. Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2009 — ISBN 978-3-8348-0546-1
- [Bund17] Studie über Annäherungen und Kollisionen von Luftfahrzeugen im deutschen Luftraum 2010 - 2015, BUNDESSTELLE FÜR FLUGUNFALLUNTERSUCHUNGEN (Hrsg.).
- [Bund20] BUNDESSTELLE FÜR SEEUNFALLUNTERSUCHUNGEN: Jahresbericht 2019.
- [Bund22] BUNDESSTELLE FÜR SEEUNFALLUNTERSUCHUNGEN: Jahresbericht 2021.
- [Bund98] BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND: Seeschiffahrtsstraßen-Ordnung (1971), 1998
- [BuNN15] BUZA, KRISZTIAN ; NANOPOULOS, ALEXANDROS ; NAGY, GÁBOR: Nearest neighbor regression in the presence of bad hubs. In: *Knowledge-Based Systems* Bd. 86 (2015), S. 250–260
- [ChCG00] CHERNIAVSKY, JOHN C ; CONSTABLE, ROBERT ; GALLIER, JEAN: *Interpolating Cubic Splines*. Boston : Birkhäuser Boston, 2000 — ISBN 978-1-4612-1320-8
- [CiRe87] CIGLER, JOHANN ; REICHEL, HANS-CHRISTIAN: *Topologie: eine Grundvorlesung, BI-Hochschultaschenbücher*. 2., überarb. Aufl. Mannheim : Bibliograph. Institut, 1987 — ISBN 978-3-411-05121-2
- [Clef15] CLEFF, THOMAS: *Deskriptive Statistik und Explorative Datenanalyse*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2015 — ISBN 978-3-8349-4747-5
- [CoDö13] COTTIN, CLAUDIA ; DÖHLER, SEBASTIAN: *Risikoanalyse*. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2013 — ISBN 978-3-658-00829-1

-
- [Cold83] COLDWELL, T. G.: Marine Traffic Behaviour in Restricted Waters. In: *Journal of Navigation* Bd. 36 (1983), Nr. 3, S. 430–444
- [Cox11] COX, SIMON JONATHAN DAVID: *ISO 19156:2011 - Geographic information -- Observations and measurements* : International Organization for Standardization, 2011
- [DaDS82] DAVIS, P. V. ; DOVE, M. J. ; STOCKEL, C. T.: A Computer Simulation of Multi-Ship Encounters. In: *Journal of Navigation* Bd. 35 (1982), Nr. 2, S. 347–352
- [DaGa18] DAMM, WERNER ; GALBAS, ROLAND: Exploiting learning and scenario-based specification languages for the verification and validation of highly automated driving. In: *Proceedings of the 1st International Workshop on Software Engineering for AI in Autonomous Systems - SEFAIS '18*. Gothenburg, Sweden : ACM Press, 2018 — ISBN 978-1-4503-5739-5, S. 39–46
- [DaJo03] DASU, TAMRAPARNI ; JOHNSON, THEODORE: *Exploratory data mining and data cleaning, Wiley series in probability and statistics*. New York : Wiley-Interscience, 2003 — ISBN 978-0-471-26851-2
- [DaKa17] DAMM, WERNER ; KALMAR, RALF: Autonome Systeme: Fähigkeiten und Anforderungen. In: *Informatik-Spektrum* Bd. 40 (2017), Nr. 5, S. 400–408
- [DaSp06] DAMIANI, MARIA LUISA ; SPACCAPIETRA, STEFANO: Spatial Data Warehouse Modelling. In: *Processing and Managing Complex Data for Decision Support* (2006)
- [DeCh10] DEBNATH, ASHIM KUMAR ; CHIN, HOONG CHOR: Navigational Traffic Conflict Technique: A Proactive Approach to Quantitative Measurement of Collision Risks in Port Waters. In: *Journal of Navigation* Bd. 63 (2010), Nr. 01, S. 137
- [DiIm16] DINH, GIA HUY ; IM, NAM-KYUN: The combination of analytical and statistical method to define polygonal ship domain and reflect human experiences in estimating dangerous area. In: *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy* Bd. 4 (2016), S. 97–108
- [DKNP06] DINGUS, THOMAS A. ; KLAUER, S. G. ; NEALE, VICKI L. (VICKI LEWIS) ; PETERSEN, A. ; LEE, S. E. ; SUDWEEKS, J ; PEREZ, M. A. ; HANKEY, J. ; U. A.: The 100-Car Naturalistic Driving Study, Phase II - Results of the 100-Car Field Experiment. In: VIRGINIA POLYTECHNIC INSTITUTE AND STATE UNIVERSITY. TRANSPORTATION INSTITUTE (Hrsg.) (2006), Nr. DOT-HS-810-593
- [Dnvg18] DNV GL AS: *Autonomous and remotely operated ships* (Class Guideline Nr. DNVGL-CG-0264), 2018
- [DoLW12] DODGE, SOMAYEH ; LAUBE, PATRICK ; WEIBEL, ROBERT: Movement similarity assessment using symbolic representation of trajectories. In: *International Journal of Geographical Information Science* Bd. 26 (2012), Nr. 9, S. 1563–1588
- [Dong82] DONGES, EDMUND: Aspekte der aktiven Sicherheit bei der Führung von Personenkraftwagen. In: *AUTOMOB-IND* Bd. 27 (1982), Nr. 2

- [DoNR09] DOW, JOHN M. ; NEILAN, R. E. ; RIZOS, C.: The International GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems. In: *Journal of Geodesy* Bd. 83 (2009), Nr. 3–4, S. 191–198
- [DoPe73] DOUGLAS, DAVID H ; PEUCKER, THOMAS K: ALGORITHMS FOR THE REDUCTION OF THE NUMBER OF POINTS REQUIRED TO REPRESENT A DIGITIZED LINE OR ITS CARICATURE. In: *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* Bd. 10 (1973), Nr. 2, S. 112–122
- [Drös99] DRÖSCHEL, WOLFGANG: *Das V-Modell 97.*: De Gruyter, 1999 — ISBN 978-3-486-80026-5
- [DYGL15] DING, ZHIMING ; YANG, BIN ; GUTING, RALF HARTMUT ; LI, YAGUANG: Network-Matched Trajectory-Based Moving-Object Database: Models and Applications. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* Bd. 16 (2015), Nr. 4, S. 1918–1928
- [EGSV99] ERWIG, MARTIN ; GÜTING, RALF HARTMUT ; SCHNEIDER, MARKUS ; VAZIRGIANNIS, MICHALIS: Spatio-Temporal Data Types: An Approach to Modeling and Querying Moving Objects in Databases. In: *GeoInformatica* Bd. 3 (1999), Nr. 3, S. 269–296
- [EK SX96] ESTER, MARTIN ; KRIEGEL, HANS-PETER ; SANDER, JÖRG ; XU, XIAOWEI ; OTHERS: A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In: *Kdd*. Bd. 96, 1996, S. 226–231
- [Emsa16] EMSA: Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2016.
- [Emsa17] EMSA: Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2017.
- [Emsa19] EMSA: Annual Overview of Marine Casualties and Incidents 2018.
- [Epp17] EPP, ANDRÉ: Das ökosystemische Entwicklungsmodell als theoretisches Sensibilisierungs- und Betrachtungsraster für empirische Phänomene. In: *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research* Bd. Vol 19, Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research (2017), S. No 1 (2018)
- [ErHa08] ERBSMEHL, CHRISTIAN ; HANNAWALD, L: Simulation realer Unfallszenarien der German In-Depth Accident Study (GIDAS). Erstellung und Nutzen von "pre crash scatter plots". In: *VDI-Berichte* (2008), Nr. 2048
- [ESWH05] ESTEBAN, JAIME ; STARR, ANDREW ; WILLETTS, ROBERT ; HANNAH, PAUL ; BRYANSTON-CROSS, PETER: A Review of data fusion models and architectures: towards engineering guidelines. In: *Neural Computing and Applications* Bd. 14 (2005), Nr. 4, S. 273–281
- [Euro09] THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: Directive 2009/18/EC.
- [Euro17] EUROPEAN MARITIME SAFETY AGENCY: *Marine Casualties and Incidents - Summary Overview 2011-2015, 2017*
- [Fark11] FARKISCH, KIUMARS: *Data-Warehouse-Systeme kompakt, Xpert.press*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011 — ISBN 978-3-642-21532-2

-
- [FeJa12] FELSKI, ANDRZEJ ; JASKÓLSKI, KRZYSZTOF: Analysis of AIS availability. In: *European Journal of Navigation* Bd. 10 (2012), Nr. 1, S. 39–43
- [FiRa11] FISHER, KENNETH A ; RAQUET, JOHN F: *Precision position, navigation, and timing without the global positioning system* : AIR UNIV MAXWELL AFB AL AIR FORCE RESEARCH INST, 2011
- [Fotn16a] FOT-NET DATA CONSORTIUM: FESTA Handbook - Version 6.
- [Fotn16b] FOT-NET DATA CONSORTIUM: Annex C to FESTA Handbook - Version 5.
- [FrRE08] FRIIS-HANSEN, PETER ; RAVN, ES ; ENGBERG, PC: Basic modelling principles for prediction of collision and grounding frequencies. In: *IWRAP Mark II Working Document* (2008), S. 1–59
- [FuSh71] FUJII, YAHEI ; SHIOBARA, REIJIRO: The analysis of traffic accidents. In: *The Journal of Navigation* Bd. 24 (1971), Nr. 4, S. 534–543
- [FWSM20] FILIPIAK, DOMINIK ; WĘCEL, KRZYSZTOF ; STRÓŻYNA, MILENA ; MICHALAK, MICHAŁ ; ABRAMOWICZ, WITOLD: Extracting Maritime Traffic Networks from AIS Data Using Evolutionary Algorithm. In: *Business & Information Systems Engineering* Bd. 62 (2020), Nr. 5, S. 435–450
- [Gese00] Sicherheits-Untersuchungs-Gesetz – SUG — Gesetz zur Verbesserung der Sicherheit der Seefahrt durch die Untersuchung von Seeunfällen und anderen Vorkommnissen
- [Gese98] Flugunfall-Untersuchungs- Gesetz - FLUUG — Gesetz über die Untersuchung von Unfällen und Störungen bei dem Betrieb ziviler Luftfahrzeuge, 1998
- [Gida19] GIDAS: *GIDAS Fallbeispiel*. URL <https://www.gidas.org/gidas-fallstudien/>. — Fallbeispiel
- [GKHD10] GUO, FENG ; KLAUER, SHEILA G. ; HANKEY, JONATHAN M. ; DINGUS, THOMAS A.: Near Crashes as Crash Surrogate for Naturalistic Driving Studies. In: *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* Bd. 2147 (2010), Nr. 1, S. 66–74
- [GMLK12] GOERLANDT, FLORIS ; MONTEWKA, JAKUB ; LAMMI, HEIKKI ; KUJALA, PENTTI: Analysis of near collisions in the Gulf of Finland. In: *Advances in safety, reliability and risk management proceedings of the European safety and reliability conference, ESREL 2011, Troyes, France, 18-22 september 2011*. London : Taylor & Francis, 2012 — ISBN 978-0-415-68379-1, S. 2880–2886
- [GoKu11] GOERLANDT, FLORIS ; KUJALA, PENTTI: Traffic simulation based ship collision probability modeling. In: *Reliability Engineering & System Safety* Bd. 96 (2011), Nr. 1, S. 91–107
- [Gold08] GOLDBECK-LÖWE, HARALD: Radarnavigation in der Seeschifffahrt. In: WOLFSCHMIDT, G. (Hrsg.): „*Navigare necesse est*“: *Geschichte der Navigation: Begleitbuch zur Ausstellung in Hamburg und Nürnberg, Nuncius Hamburgensis*. Norderstedt : Books on Demand GmbH, 2008 — ISBN 978-3-8370-3260-4
- [Good75] GOODWIN, ELISABETH M: A statistical study of ship domains. In: *The Journal of navigation* Bd. 28 (1975), Nr. 3, S. 328–344

- [GüSc05] GÜTING, RALF HARTMUT ; SCHNEIDER, MARKUS: *Moving objects databases, Morgan Kaufmann series in data management systems*. Amsterdam : Boston : Morgan Kaufmann, 2005 — ISBN 978-0-12-088799-6
- [GYHM11] GHIL, M. ; YIOU, P. ; HALLEGATTE, S. ; MALAMUD, B. D. ; NAVEAU, P. ; SOLOVIEV, A. ; FRIEDERICHS, P. ; KEILIS-BOROK, V. ; U. A.: Extreme events: dynamics, statistics and prediction. In: *Nonlinear Processes in Geophysics* Bd. 18 (2011), Nr. 3, S. 295–350
- [HaLl97] HALL, D.L. ; LLINAS, J.: An introduction to multisensor data fusion. In: *Proceedings of the IEEE* Bd. 85 (1997), Nr. 1, S. 6–23
- [Hayw72] HAYWARD, JOHN C: Near miss determination through use of a scale of danger (1972)
- [Hech99] HECHT, H. (Hrsg.): *Die elektronische Seekarte: Grundlagen, Möglichkeiten und Grenzen eines neuen Navigationssystems*. Heidelberg : Wichmann, 1999 — ISBN 978-3-87907-303-0
- [HeOt41] HEINRICH, HERBERT WILLIAM ; OTHERS: Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach. In: *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach*. (1941), Nr. Second Edition
- [HiBa97] HILGERT, HELMUT ; BALDAUF, MICHAEL: A common risk model for the assessment of encounter situations on board ships. In: *Deutsche Hydrographische Zeitschrift* Bd. 49 (1997), Nr. 4, S. 531–542
- [Hill12] HILLENBRAND, MARTIN: *Funktionale Sicherheit nach ISO 26262 in der Konzeptphase der Entwicklung von Elektrik/Elektronik Architekturen von Fahrzeugen, Steinbuch series on advances in information technology*. Karlsruhe : KIT Scientific Publishing, 2012 — ISBN 978-3-86644-803-2
- [Hist00] *History of IMO*. URL <http://www.imo.org/en/About/HistoryOfIMO/Pages/Default.aspx>. - abgerufen am 2017-05-22
- [HKYF16] HUANG, WULING ; KUNFENG WANG ; YISHENG LV ; FENGHUA ZHU: Autonomous vehicles testing methods review. In: *2016 IEEE 19th International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. Rio de Janeiro, Brazil : IEEE, 2016 — ISBN 978-1-5090-1889-5, S. 163–168
- [Holt01] HOLTHUIS, JAN: *Der Aufbau von Data Warehouse-Systemen: Konzeption, Datenmodellierung, Vorgehen, Gabler-Edition Wissenschaft. 2., überarb. und aktualisierte Aufl., Nachdr.* Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl. [u.a.], 2001 — ISBN 978-3-8244-6959-8
- [Huan14] HUANG, YUAN-KO: Indexing and querying moving objects with uncertain speed and direction in spatiotemporal databases. In: *Journal of Geographical Systems* Bd. 16 (2014), Nr. 2, S. 139–160
- [HuBe07] HUGEMANN, W. ; BENECKE, M. (Hrsg.): *Unfallrekonstruktion*. Münster : Verl. Autorenteam, 2007 — ISBN 978-3-00-019419-1
- [HydÉ87] HYDÉN, CHRISTER: The development of a method for traffic safety evaluation: The Swedish Traffic Conflicts Technique. In: *Bulletin Lund Institute of Technology, Department* (1987), Nr. 70

-
- [HyLi84] HYDÉN, C. ; LINDERHOLM, L.: The Swedish Traffic-Conflicts Technique. In: ASMUSSEN, E. (Hrsg.): *International Calibration Study of Traffic Conflict Techniques*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 1984 — ISBN 978-3-642-82111-0, S. 133–139
- [Iala16] IALA: *VTS Manual*. 6. Aufl. Saint Germain en Laye : International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, 2016
- [Iho10] IHO: *S-100 - Universal Hydrographic Data Model - Edition 1.0.0* (IHO Recommendation). Monaco : International Hydrographic Organization, 2010
- [Ihou17] IHO UNIVERSAL: Much more than just Nautical Charts.
- [Imo06] IMO: Amendments To The International Convention For The Safety Of Life At Sea, 1974, As Amended.
- [Imo07] IMO: *MSC 83/28/Add.3 Annex 30 - Resolution MSC.252(83) - Adoption of the revised performance standards for integrated navigation systems.pdf*: International Maritime Organization, 2007. — 00000
- [Imo08] IMO: *Guidance on Near-Miss Reporting*, 2008
- [Inma15] INMARSAT: FleetBroadband coverage.
- [Inst11] INSTRUMENTS, MTL: An introduction to Functional Safety and IEC 61508. In: *AN9025*, Available at: www.mtl-inst.com/product/mtl_safety_related_sr_series_isolators (2011)
- [Inte00a] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO): *International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974*. URL [http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-\(SOLAS\),-1974.aspx](http://www.imo.org/en/About/Conventions/ListOfConventions/Pages/International-Convention-for-the-Safety-of-Life-at-Sea-(SOLAS),-1974.aspx). - abgerufen am 2017-05-22
- [Inte00b] INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION: *About IHO*. URL https://www.iho.int/srv1/index.php?option=com_content&view=article&id=298&Itemid=297&lang=en. - abgerufen am 2017-07-06
- [Inte04] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU): Digital selective-calling system for use in the maritime mobile service.
- [Inte05] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO 17894:2005 - Ships and marine technology - Computer applications - General Principles for the Development and Use of Programmable Electronic Systems in Marine Applications.
- [Inte09] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO 31000:2009 - Risk management -- Principles and guidelines.
- [Inte12] INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION (ITU): Characteristics of a digital system, named Navigational Data for broadcasting maritime safety and security related information from shore-to-ship in the 500 kHz band.
- [Inte16] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION: ISO/IEC 13249-3:2016 Information technology -- Database languages -- SQL multimedia and application packages -- Part 3: Spatial.

- [Inte77] Anlage zu § 1 der Verordnung zu den Internationalen Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Kollisionsverhütungsregeln - KVR) — Internationale Regeln von 1972 zur Verhütung von Zusammenstößen auf See, 1977
- [Inte98a] INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION (IMO): ANNEX 12 - RESOLUTION MSC.74(69) - ADOPTION OF NEW AND AMENDED PERFORMANCE STANDARDS.
- [Inte98b] INTERNATIONAL CHAMBER OF SHIPPING (ICS): *Bridge Procedure Guide*. 3. Aufl., 1998
- [Iper15] VAN IPEREN, ERWIN: Classifying Ship Encounters to Monitor Traffic Safety on the North Sea from AIS Data. In: *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* Bd. 9 (2015), Nr. 1, S. 51–58
- [JBKW18] JUNIETZ, PHILIPP ; BONAKDAR, FARID ; KLAMANN, BJORN ; WINNER, HERMANN: Criticality Metric for the Safety Validation of Automated Driving using Model Predictive Trajectory Optimization. In: *2018 21st International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC)*. Maui, HI : IEEE, 2018 — ISBN 978-1-72810-321-1, S. 60–65
- [JiZF93] JINGSONG, ZHAO ; ZHAOLIN, WU ; FENGCHEN, WANG: Comments on ship domains. In: *The Journal of Navigation* Bd. 46 (1993), Nr. 3, S. 422–436
- [JoOl13] JONAS, MATHIAS ; OLTMANN, J.-H.: IMO e-Navigation Implementation Strategy – Challenge for Data Modelling. In: *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* Bd. 7 (2013), Nr. 2, S. 45–49. — 00000
- [Jopp14] JOPP, HEINZ DIETER: Einführung in die Problemstellung maritimer Sicherheit. In: JOPP, H. D. (Hrsg.): *Maritime Sicherheit im 21. Jahrhundert* : Nomos, 2014 — ISBN 978-3-8452-5975-8, S. 11–23
- [Jung00] JUNG, R. (Hrsg.): *Data-Warehousing-Strategie: Erfahrungen, Methoden, Visionen, Business-Engineering*. Berlin Heidelberg : Springer, 2000 — ISBN 978-3-540-67308-8
- [Juni19] JUNIETZ, PHILIPP MATTHIAS: Microscopic and Macroscopic Risk Metrics for the Safety Validation of Automated Driving, UNSPECIFIED (2019)
- [JuSW17] JUNIETZ, PHILIPP ; SCHNEIDER, JAN ; WINNER, HERMANN: Metrik zur Bewertung der Kritikalität von Verkehrssituationen und -szenarien. In: . Walting, Germany, 2017, S. 149–160
- [KaSt15] KAZIMIERSKI, WITOLD ; STATECZNY, ANDRZEJ: Radar and Automatic Identification System Track Fusion in an Electronic Chart Display and Information System. In: *Journal of Navigation* Bd. 68 (2015), Nr. 06, S. 1141–1154
- [KHDW22] KIM, GENE ; HUMBLE, JEZ ; DEBOIS, PATRICK ; WILLIS, JOHN ; FORSGREN, NICOLE ; DEMMIG, T. (Übers.): *Das DevOps-Handbuch: Teams, Tools und Infrastrukturen erfolgreich umgestalten*. 2., aktualisierte und erweiterte Auflage. Heidelberg : O'Reilly, 2022 — ISBN 978-3-96009-199-8

-
- [Kiri02] KIRIANAKI, NIKOLAĬ VLADIMIROVICH: *Data acquisition and signal processing for smart sensors*. New York : J. Wiley, 2002 — ISBN 978-0-470-85236-1
- [KiRo02] KIMBALL, RALPH ; ROSS, MARGY: *The data warehouse toolkit: the complete guide to dimensional modeling*. 2nd ed. New York : Wiley, 2002 — ISBN 978-0-471-20024-6
- [Klau99] KLAUS, FERDINAND: Einführung in Techniken und Methoden der Multisensor-Datenfusion (1999)
- [Komp19] KOMPAS, K.: GIDAS QUO VADIS. Unfall- und Verkehrsforschung der Zukunft.
- [KoSo98] KOTONYA, GERALD ; SOMMERVILLE, IAN: *Requirements engineering: processes and techniques, Worldwide series in computer science*. Chichester ; New York : J. Wiley, 1998 — ISBN 978-0-471-97208-2
- [KWZH14] KUWATA, YOSHIKI ; WOLF, MICHAEL T ; ZARZHITSKY, DIMITRI ; HUNTSBERGER, TERRANCE L: Safe maritime autonomous navigation with COLREGS, using velocity obstacles. In: *IEEE Journal of Oceanic Engineering* Bd. 39 (2014), Nr. 1, S. 110–119
- [KYCR21] KIM, HYO-GON ; YUN, SUNG-JO ; CHOI, YOUNG-HO ; RYU, JAE-KWAN ; SUH, JIN-HO: Collision Avoidance Algorithm Based on COLREGs for Unmanned Surface Vehicle. In: *Journal of Marine Science and Engineering* Bd. 9 (2021), Nr. 8, S. 863
- [LaGS18] LAUX, HELMUT ; GILLENKIRCH, ROBERT M. ; SCHENK-MATHES, HEIKE Y.: *Entscheidungstheorie*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2018 — ISBN 978-3-662-57817-9
- [LaHa17] LAMM, ARNE ; HAHN, AXEL: Detecting maneuvers in maritime observation data with CUSUM. In: *2017 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT)*. Bilbao : IEEE, 2017 — ISBN 978-1-5386-4662-5, S. 122–127
- [LaHa19] LAMM, ARNE ; HAHN, AXEL: Statistical Maneuver Net Generation for Anomaly Detection in Navigational Waterways. In: *2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*. Paris, France : IEEE, 2019 — ISBN 978-1-72810-521-5, S. 1438–1443
- [Lang13] LANGE, NORBERT DE: *Geoinformatik: in Theorie und Praxis, Lehrbuch*. 3., vollst. überarb. und aktualisierte Aufl. Berlin : Springer Spektrum, 2013 — ISBN 978-3-642-34807-5
- [LeSj10] LEE, JANETTE ; SOUTH, ANDY B. ; JENNINGS, SIMON: Developing reliable, repeatable, and accessible methods to provide high-resolution estimates of fishing-effort distributions from vessel monitoring system (VMS) data. In: *ICES Journal of Marine Science* Bd. 67 (2010), Nr. 6, S. 1260–1271
- [Leve65] LEVENSHTAIN, VLADIMIR I.: Binary codes capable of correcting deletions, insertions, and reversals. In: *Soviet physics. Doklady* Bd. 10 (1965), S. 707–710

- [LiHu06] LIN, BIN ; HUANG, CHIH-HAO: Comparison between ARPA radar and AIS characteristics for vessel traffic services. In: *Journal of marine science and technology* Bd. 14 (2006), Nr. 3, S. 182–189
- [LLH09] LLINAS, JAMES ; LIGGINS, MARTIN E. ; HALL, DAVID L.: *Handbook of Multisensor data fusion: theory and practice* : Taylor & Francis, 2009 — ISBN 1-4200-5308-6
- [Losh01] LOSHIN, DAVID: *Enterprise knowledge management: the data quality approach*. San Diego : Morgan Kaufmann, 2001 — ISBN 978-0-12-455840-3
- [LRWC19] LÁZARO, FRANCISCO ; RAULEFS, RONALD ; WANG, WEI ; CLAZZER, FEDERICO ; PLASS, SIMON: VHF Data Exchange System (VDES): an enabling technology for maritime communications. In: *CEAS Space Journal* Bd. 11 (2019), Nr. 1, S. 55–63
- [LuWa18] LUPTON, BEN ; WARREN, RICHARD: Managing Without Blame? Insights from the Philosophy of Blame. In: *Journal of Business Ethics* Bd. 152 (2018), Nr. 1, S. 41–52
- [MaJu00] MARDIA, K. V. ; JUPP, PETER E.: *Directional statistics, Wiley series in probability and statistics*. Chichester ; New York : J. Wiley, 2000 — ISBN 978-0-471-95333-3
- [MaNK14] MASCARO, STEVEN ; NICHOLSO, ANN E. ; KORB, KEVIN B.: Anomaly detection in vessel tracks using Bayesian networks. In: *International Journal of Approximate Reasoning* Bd. 55 (2014), Nr. 1, S. 84–98
- [MaOc03] MAJUMDAR, ARNAB ; OCHIENG, WASHINGTON: A Trend Analysis of Air Traffic Occurrences in the UK Airspace. In: *Journal of Navigation* Bd. 56 (2003), Nr. 2, S. 211–229
- [MaSc16] MAZZEGA, JENS ; SCHÖNER, HANS-PETER: Wie PEGASUS die Lücke im Bereich Testen und Freigabe von automatisierten Fahrzeugen schließt.
- [MDJS20] MUNIM, ZIAUL HAQUE ; DUSHENKO, MARIIA ; JIMENEZ, VERONICA JARAMILLO ; SHAKIL, MOHAMMAD HASSAN ; IMSET, MARIUS: Big data and artificial intelligence in the maritime industry: a bibliometric review and future research directions. In: *Maritime Policy & Management* Bd. 47 (2020), Nr. 5, S. 577–597
- [MeDX14] MENG, XIAOFENG ; DING, ZHIMING ; XU, JIAJIE: *Moving objects management: models, techniques and applications*. 2nd edition. Beijing : Beijing : Tsinghua University Press, 2014 — ISBN 3-642-38275-4
- [MeTC16] MESTL, THOMAS ; TALLAKSTAD, KEN TORE ; CASTBERG, R.: Identifying and Analyzing Safety Critical Maneuvers from High Resolution AIS Data. In: *TransNav, the International Journal on Marine Navigation and Safety of Sea Transportation* Bd. 10 (2016), Nr. 1, S. 69–77
- [MGLW15] MAURER, M. ; GERDES, J. C. ; LENZ, B. ; WINNER, H. (Hrsg.): *Autonomes Fahren*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2015 — ISBN 978-3-662-45853-2
- [MHKM10] MONTEWKA, JAKUB ; HINZ, TOMASZ ; KUJALA, PENTTI ; MATUSIAK, JERZY: Probability modelling of vessel collisions. In: *Reliability Engineering & System Safety* Bd. 95 (2010), Nr. 5, S. 573–589

-
- [MoBa16a] MORIO, J. ; BALESSENT, M.: The formalism of rare event probability estimation in complex systems. In: *Estimation of Rare Event Probabilities in Complex Aerospace and Other Systems* : Elsevier, 2016 — ISBN 978-0-08-100091-5, S. 33–38
- [MoBa16b] MORIO, JÉRÔME ; BALESSENT, MATHIEU: *Estimation of rare event probabilities in complex aerospace and other systems: a practical approach*, Woodhead Publishing in mechanical engineering. Amsterdam Boston Cambridge : Elsevier/Woodhead Publishing, 2016 — ISBN 978-0-08-100091-5
- [MoGK12] MONTEWKA, JAKUB ; GOERLANDT, FLORIS ; KUJALA, PENTTI: Determination of collision criteria and causation factors appropriate to a model for estimating the probability of maritime accidents. In: *Ocean Engineering* Bd. 40 (2012), S. 50–61
- [MSME15] MAGDY, NEHAL ; SAKR, MAHMOUD A. ; MOSTAFA, TAMER ; EL-BAHNASY, KHALED: Review on trajectory similarity measures. In: *2015 IEEE Seventh International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS)*. Cairo, Abbassia, Egypt : IEEE, 2015 — ISBN 978-1-5090-1949-6, S. 613–619
- [NEEH12] NARINS, MITCH ; ELDREDGE, LEO ; ENGE, PER ; HARRISON, MIKE ; KENAGY, RANDY ; LO, SHERMAN: Alternative Position, Navigation, and Timing—The Need for Robust Radionavigation. In: *Global Navigation Satellite Systems: Report of a Joint Workshop of the National Academy of Engineering and the Chinese Academy of Engineering* : The National Academies Press, 2012, S. 119–36
- [NKKD02] NEALE, V.L. ; KLAUER, S.G. ; KNIPLING, R.R. ; DINGUS, T.A. ; HOLBROOK, G.T. ; PETERSEN, A.: *The 100 Car Naturalistic Driving Study, Phase I - Experimental Design* (Interim Report Nr. DOT HS 809 536). Washington D.C. : National Highway Traffic Safety Admin. (NHTSA), 2002
- [NUWW18] NAFZGER, HANS-JÖRG ; UNRUH, WERNER VON ; WANDEL, RALF ; WICHMANN, GÜNTER ; BENEDICT, K. ; WAND, C. (Hrsg.): *Technische und betriebliche Schiffsführung, Handbuch Nautik*. 2. Auflage. Bingen Hamburg : PMC Media House GmbH, 2018 — ISBN 978-3-96245-157-8
- [NWBB21] NEUROHR, CHRISTIAN ; WESTHOFEN, LUKAS ; BUTZ, MARTIN ; BOLLMANN, MARTIN HERBERT ; EBERLE, ULRICH ; GALBAS, ROLAND: Criticality Analysis for the Verification and Validation of Automated Vehicles. In: *IEEE Access* Bd. 9 (2021), S. 18016–18041
- [Oltm15] OLTMANN, JAN-HENDRIK: ACCSEAS North Sea Region Route Topology Model (NSR-RTM).
- [Outl16] *Outlier analysis*. 2nd edition. New York, NY : Springer Science+Business Media, 2016 — ISBN 978-3-319-47577-6
- [OvBa16] OVERSCHMIDT, HEINZ ; BARK, AXEL: *Sportbootführerschein See: mit amtlichem Fragenkatalog*. 34., aktualisierte Auflage. Bielefeld : Delius Klasing Verlag, 2016 — ISBN 978-3-7688-3484-1

- [Page57] PAGE, E. S.: On problems in which a change in a parameter occurs at an unknown point. In: *Biometrika* Bd. 44 (1957), Nr. 1–2, S. 248–252
- [PaVB13] PALLOTTA, GIULIANA ; VESPE, MICHELE ; BRYAN, KARNA: Vessel Pattern Knowledge Discovery from AIS Data: A Framework for Anomaly Detection and Route Prediction. In: *Entropy* Bd. 15 (2013), Nr. 12, S. 2218–2245
- [PCBK09] PEREZ, HEATHER M. ; CHANG, ROGER ; BILLINGS, RICHARD ; KOSUB, THEODORE L.: Automatic identification systems (AIS) data use in marine vessel emission estimation. In: *18th Annual International Emission Inventory Conference*. Bd. 14, 2009, S. e17
- [PeSo11] PERERA, LOKUKALUGE PW ; SOARES, C GUEDES M: Detections of potential collision situations by relative motions of vessels under parameter uncertainties. In: *Sustainable Maritime Transportation and Exploitation of Sea Resources*. Bd. 705 : ROUTLEDGE in association with GSE Research, 2011, S. 705–713
- [Pfos02] PFOSE, DIETER: Indexing the Trajectories of Moving Objects. In: *IEEE Data Eng. Bull.* Bd. 25 (2002), Nr. 2, S. 3–9
- [PHLS00] PRANDINI, M. ; HU, J. ; LYGEROS, J. ; SASTRY, S.: A probabilistic approach to aircraft conflict detection. In: *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* Bd. 1 (2000), Nr. 4, S. 199–220
- [Piet08] PIETRZYKOWSKI, ZBIGNIEW: Ship's Fuzzy Domain – a Criterion for Navigational Safety in Narrow Fairways. In: *Journal of Navigation* Bd. 61 (2008), Nr. 03, S. 499–514
- [PüZK17] PÜTZ, ANDREAS ; ZLOCKI, ADRIAN ; KÜFEN, JÖRG: Database Approach for the Sign-Off Process of Highly Automated Vehicle. In: *Proceedings of 25th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*. Detroit, 2017
- [PZBE17] PÜTZ, ANDREAS ; ZLOCKI, ADRIAN ; BOCK, JULIAN ; ECKSTEIN, LUTZ: System validation of highly automated vehicles with a database of relevant traffic scenarios. In: . Strasbourg, 2017
- [QTZS10] QUINLAN, M ; Tsz-CHIU AU ; ZHU, J ; STIURCA, N ; STONE, P: Bringing simulation to life: A mixed reality autonomous intersection. In: *2010 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*. Taipei : IEEE, 2010 — ISBN 978-1-4244-6674-0, S. 6083–6088
- [Reas90] REASON, J.: The Contribution of Latent Human Failures to the Breakdown of Complex Systems. In: *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* Bd. 327 (1990), Nr. 1241, S. 475–484
- [RiWo19] RICHTER, JAN-ARWED ; WOLF, CHRISTIAN: *JACDEC - Your Center for Aviation Safety Information*. URL <https://www2.jacdec.de/about-jacdec/>. — About JACDEC
- [Roth00] ROTHBLUM, ANITA M: Human error and marine safety. In: *National Safety Council Congress and Expo, Orlando, FL, 2000*, S. 7

-
- [Roth02] ROTHBLUM, ANITA M: Keys to successful incident inquiry. In: *Human Factors in Incident Investigation and Analysis, 2nd International Workshop on Human Factors in Offshore Operations (HFW2002)*, Houston, TX, 2002
- [RüLH19] RÜSSMEIER, N ; LAMM, A ; HAHN, A: A generic testbed for simulation and physical-based testing of maritime cyber-physical system of systems. In: *Journal of Physics: Conference Series* Bd. 1357 (2019), S. 012025
- [RWGT12] REGAN, MA ; WILLIAMSON, A ; GRZEBIETA, R ; TAO, L: Naturalistic driving studies: literature review and planning for the Australian naturalistic driving study. In: *Australasian college of road safety conference 2012, Sydney, New South Wales, Australia*, 2012
- [ScOn13] SCHUTT, RACHEL ; O'NEIL, CATHY: *Doing data science*, 2013 — ISBN 978-1-4493-6389-5
- [ScZu16] SCHÄUFFELE, JÖRG ; ZURAWKA, THOMAS: *Automotive Software Engineering*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, 2016 — ISBN 978-3-658-11814-3
- [ShKi02] SHORROCK, STEVEN T. ; KIRWAN, BARRY: Development and application of a human error identification tool for air traffic control. In: *Applied Ergonomics* Bd. 33 (2002), Nr. 4, S. 319–336
- [ShLa90] SHETH, AMIT P ; LARSON, JAMES A: Federated database systems for managing distributed, heterogeneous, and autonomous databases. In: *ACM Computing Surveys (CSUR)* Bd. 22, ACM New York, NY, USA (1990), Nr. 3, S. 183–236
- [SLFH19] STEIDEL, MATTHIAS ; LAMM, ARNE ; FEUERSTACK, SEBASTIAN ; HAHN, AXEL: Correcting the Destination Information in Automatic Identification System Messages. In: ABRAMOWICZ, W. ; CORCHUELO, R. (Hrsg.): *Business Information Systems Workshops*. Bd. 373. Cham : Springer International Publishing, 2019 — ISBN 978-3-030-36690-2, S. 496–507
- [Smie00] SMIERZCHALSKI, R: Ships' domains as a collision risk at sea in the evolutionary trajectory planning. In: BREBBIA, C. A. ; WESSEX INSTITUTE OF TECHNOLOGY (Hrsg.): *Risk analysis II, Management information systems*. Southampton [England] ; Boston : WIT, 2000 — ISBN 978-1-85312-830-1, S. 43–52
- [StET12] STORGARD, JENNI ; ERDOGAN, ILKNUR ; TAPANINEN, ULLA: *Incident reporting in shipping: experiences and best practices for the Baltic Sea, Turun Yliopiston Merenkulkualan Koulutus- ja Tutkimuskeskuksen julkaisu A*. Turku : Turun Yliopiston, 2012 — ISBN 978-951-29-4913-7
- [Stev87] STEVEN, M. D.: Ground truth An underview †. In: *International Journal of Remote Sensing* Bd. 8 (1987), Nr. 7, S. 1033–1038
- [StHM08] STATHEROS, THOMAS ; HOWELLS, GARETH ; MAIER, KLAUS McDONALD: Autonomous Ship Collision Avoidance Navigation Concepts, Technologies and Techniques. In: *Journal of Navigation* Bd. 61 (2008), Nr. 1, S. 129–142

- [Stol03] STOLZE, KNUT: SQL/MM Spatial: The Standard to Manage Spatial Data in Relational Database Systems. In: *BTW* (2003), S. 247–264
- [StRA08] STANKOVIC, STÉPHANIE ; RAUFASTE, ÉRIC ; AVERTY, PHILIPPE: Determinants of Conflict Detection: A Model of Risk Judgments in Air Traffic Control. In: *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society* Bd. 50 (2008), Nr. 1, S. 121–134
- [Sull15] SULLIVAN, T. J.: *Introduction to Uncertainty Quantification, Texts in Applied Mathematics*. 1st ed. 2015. Cham : Springer International Publishing : Imprint: Springer, 2015 — ISBN 978-3-319-23395-6
- [TaBu10] TAM, CHEEKUANG ; BUCKNALL, RICHARD: Collision risk assessment for ships. In: *Journal of Marine Science and Technology* Bd. 15 (2010), Nr. 3, S. 257–270
- [Thom94] THOM, TREVOR: *The air pilot's manual. Vol. 2: Aviation law, flight rules and procedures, meteorology, exercises & answers for vols. 2, 3 & 4*. 3. ed., reprinted with amendments. Shrewsbury : Airlife, 1994 — ISBN 978-1-85310-015-4
- [Tsou16] TSOU, MING-CHENG: Online analysis process on Automatic Identification System data warehouse for application in vessel traffic service. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment* Bd. 230 (2016), Nr. 1, S. 199–215
- [UMRS15] ULBRICH, S ; MENZEL, T ; RESCHKA, A ; SCHULDT, F ; MAURER, M: Definition der Begriffe Szene, Situation und Szenario für das automatisierte Fahren. In: *10. Workshop Fahrerassistenzsysteme FAS*, 2015, S. 105
- [Vani12] VAN IPEREN, ERWIN: Detection of hazardous encounters at the North Sea from AIS data. In: *The international Workshop on Next Generation of Nautical Traffic Model, Shanghai*, 2012
- [Vere18] V-Modell XT - Das deutsche Referenzmodell für Systementwicklungsprojekte, VEREIN ZUR WEITERENTWICKLUNG DES V-MODELL XT E.V. (WEIT E.V.) (Hrsg.).
- [Vmfo19] VM-FOREN.DE: *Die Beaufort- und Petersen-Skala, Zusammenhänge zwischen Wind und Wellen*. URL <http://vierte-flottille.de/hp/wind/wind.html>
- [VOB021] VAGALE, ANETE ; OUCHEIKH, RACHID ; BYE, ROBIN T. ; OSEN, OTTAR L. ; FOSSEN, THOR I.: Path planning and collision avoidance for autonomous surface vehicles I: a review. In: *Journal of Marine Science and Technology* Bd. 26 (2021), Nr. 4, S. 1292–1306
- [WaCh16] WANG, YUEYING ; CHIN, HOONG-CHOR: An Empirically-Calibrated Ship Domain as a Safety Criterion for Navigation in Confined Waters. In: *Journal of Navigation* Bd. 69 (2016), Nr. 02, S. 257–276
- [Wang12] WANG, XIANKUN: Several experience of ship collision avoidance. In: *2012 2nd International Conference on Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*. Yichang, China : IEEE, 2012 — ISBN 978-1-4577-1415-3, S. 2838–2841

-
- [WBNL19] WOERNER, KYLE ; BENJAMIN, MICHAEL R. ; NOVITZKY, MICHAEL ; LEONARD, JOHN J.: Quantifying protocol evaluation for autonomous collision avoidance: Toward establishing COLREGS compliance metrics. In: *Autonomous Robots* Bd. 43 (2019), Nr. 4, S. 967–991
- [WeEl17] VAN WESTRENNEN, FULKO ; ELLERBROEK, JOOST: The Effect of Traffic Complexity on the Development of Near Misses on the North Sea. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems* Bd. 47 (2017), Nr. 3, S. 432–440
- [Wein09] WEINTRIT, ADAM: *The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS): an operational handbook*. Boca Raton : CRC Press, 2009 — ISBN 978-0-415-48246-2
- [Whit91] WHITE, FRANKLIN E: *Data fusion lexicon : Joint Directors of Labs* Washington DC, 1991
- [Winn12] WINNER, H. (Hrsg.): *Handbuch Fahrerassistenzsysteme: Grundlagen, Komponenten und Systeme für aktive Sicherheit und Komfort ; mit 45 Tabellen, Praxis ATZ/MTZ-Fachbuch. 2., korrigierte Aufl.* Wiesbaden : Vieweg + Teubner, 2012 — ISBN 978-3-8348-1457-9
- [Wisc19] WISCH, MARCUS: 20 Jahre GIDAS GIDAS quo vadis – Sichtweise einer behördlichen Forschungseinrichtung auf die Unfall- und Verkehrsforschung der Zukunft.
- [WiW]17] WINNER, HERMANN ; WACHENFELD, WALTHER ; JUNIETZ, PHILIPP: Safety Assurance for Highly Automated Driving - The PEGASUS Approach.
- [Wolk16] WOLKE, THOMAS: *Risikomanagement. 3., vollständig überarbeitete, erweiterte und aktualisierte Auflage.* Berlin Boston : De Gruyter Oldenbourg, 2016 — ISBN 978-3-11-035387-7
- [WYLL18] WANG, YANLONG ; YU, XUEMIN ; LIANG, XU ; LI, BAOAN: A COLREGS-based obstacle avoidance approach for unmanned surface vehicles. In: *Ocean Engineering* Bd. 169 (2018), S. 110–124
- [Xu03] XU, GUOCHANG: *GPS: theory, algorithms, and applications*. Berlin ; New York : Springer, 2003 — ISBN 978-3-540-67812-0
- [XuLH09] XUE, Y ; LEE, B S ; HAN, D: Automatic collision avoidance of ships. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part M: Journal of Engineering for the Maritime Environment* Bd. 223 (2009), Nr. 1, S. 33–46
- [XuWa14] XU, QINGYANG ; WANG, NING: A Survey on Ship Collision Risk Evaluation. In: *Promet-Traffic&Transportation* Bd. 26 (2014), Nr. 6, S. 475–486
- [XuZW14] XU, QINGYANG ; ZHANG, CHUANG ; WANG, NING: Multiobjective Optimization Based Vessel Collision Avoidance Strategy Optimization. In: *Mathematical Problems in Engineering* Bd. 2014 (2014), S. 1–9
- [ZGKW16] ZHANG, WEIBIN ; GOERLANDT, FLORIS ; KUJALA, PENTTI ; WANG, YINHAI: An advanced method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data. In: *Ocean Engineering* Bd. 124 (2016), S. 141–156

- [ZGMK15] ZHANG, WEIBIN ; GOERLANDT, FLORIS ; MONTEWKA, JAKUB ; KUJALA, PENTTI: A method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data. In: *Ocean Engineering* Bd. 107 (2015), S. 60–69
- [ZHTM18] ZHANG, XIAOHAN ; HE, YIXIONG ; TANG, RUHONG ; MOU, JUNMIN ; GONG, SHUAI: A Novel Method for Reconstruct Ship Trajectory Using Raw AIS Data. In: *2018 3rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*. Singapore: IEEE, 2018 — ISBN 978-1-5386-7831-2, S. 192–198
- [ZHWW20] ZHOU, XIANG-YU ; HUANG, JIN-JING ; WANG, FENG-WU ; WU, ZHAO-LIN ; LIU, ZHENG-JIANG: A Study of the Application Barriers to the Use of Autonomous Ships Posed by the Good Seamanship Requirement of COLREGs. In: *Journal of Navigation* Bd. 73 (2020), Nr. 3, S. 710–725