

Technology
Arts Sciences
TH Köln



SPOTSeven Lab
Jahresbericht 2014/15

www.spotseven.de

Kontakt:
Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften
TH Köln
Steinmüllerallee 1
51643 Gummersbach
Germany
thomas.bartz-beielstein@th-koeln.de
www.spotseven.de

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	5
2	Das SPOTSeven Lab	7
2.1	Die TH Köln	7
2.2	Der Forschungsschwerpunkt CIplus	7
2.3	Das SPOTSeven Lab	7
3	Arbeitsgebiete und Forschungsprojekte	9
3.1	Arbeitsgebiete	9
3.1.1	SPOTSeven	9
3.1.2	Computational Intelligence	9
3.1.3	Data Mining	14
3.1.4	Statistische Versuchsplanung, Design of Experiments	15
3.1.5	Modellierung und Simulation	15
3.1.6	Big Data	15
3.1.7	Schadenvorhersage	17
3.1.8	Optimierung	18
3.2	Aktuelle Projekte	21
3.2.1	CIMO: „CI-basierte mehrkriterielle Optimierungsverfahren für Anwendungen in der Industrie.“	21
3.2.2	MCIOP – Mehrkriterielle CI-basierte Optimierungsverfahren für den industriellen Einsatz	23
3.2.3	COe-Sensor — Entwicklung von stabilen und querempfindlichkeitsfreien COe-sensitiven Materialien für Rauchgassensoren	24
3.2.4	ISAFAN: Intelligente Schadenvorhersage an Faserverbundstoff-Bauteilen in industriellen Anwendungen	24
3.2.5	PER-OPTI – Optimierung der Prozessführung basierend auf der automatischen Performancebewertung in modernen Walzwerken	26
3.2.6	SO2-Sensor: „Entwicklung multivariater Modellierung und adaptive Online Optimierung für das In-situ Messsystem mit einer SO2-Sonde.“	26
3.2.7	SYNERGY — Synergy for Smart Multi-Objective Optimization	28
3.2.8	IMProvT — Intelligente Messverfahren zur Prozessoptimierung von Trinkwasserbereitstellung und Verteilung	29
3.3	Abgeschlossene Projekte	30
3.3.1	FIWA – Methoden der Computational Intelligence für Vorhersagemodelle in der Finanz- und Wasserwirtschaft	30
3.4	Industriepartner	31
4	Promotionen und Abschlussarbeiten	33
4.1	Doktoranden	33
4.2	Gutachtertätigkeiten, Mitgliedschaften in Promotionskomitees	39
4.2.1	Kooperationen im Rahmen von Promotionen	39
4.2.2	Promotionsvorhaben	45

4.3	Praxisprojekt- und Abschlussarbeiten	46
4.3.1	Förderpreise und Auszeichnungen	46
4.3.2	Arbeiten im Berichtszeitraum	48
4.3.3	Weitere Arbeiten	50
4.4	Gastvorträge im <i>SPOTSeven</i> Doktorandenseminar	52
5	Konferenzen	55
5.1	Einladungen	55
5.2	Organisation und Mitgliedschaft in Programmkomitees	55
5.2.1	Chair	55
5.2.2	Organisation (Challenges, Tutorien, Workshops)	55
5.2.3	Organisation von Workshops an der TH Köln	55
5.2.4	Mitgliedschaften in Programmkomitees	55
5.3	Teilnahme	57
6	Personal	59
6.1	Hochschullehrer	59
6.2	Wissenschaftliche Mitarbeiter	59
6.3	Lehrbeauftragte	59
6.4	Studentische Mitarbeiter	59
6.5	Ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiter	59
7	Lehrangebot	61
7.1	Das Lehr- und Lernformat Math & More	61
7.2	Forschendes Lernen	61
7.3	Interne Schulungen	61
7.4	Vorlesungen, Seminare und Case-Studies	66
7.4.1	Wintersemester 2015/16	66
7.4.2	Sommersemester 2015	66
7.4.3	Wintersemester 2014/15	68
7.4.4	Sommersemester 2014	68
8	Selbstverwaltung und Mitgliedschaften	71
8.1	Selbstverwaltung	71
8.2	Mitgliedschaften	71
9	Ausstattung	75
9.1	Hardware	75
9.2	Software	75
10	Lokale Berichterstattung	77

1 Vorwort



„Nichts ist so beständig wie der Wandel.“ (Heraclit).

Dies gilt insbesondere für die von der *FH Köln* in den letzten Jahren vollzogenen Entwicklung. Die Umbenennung zur *TH Köln* verdeutlicht dies auch nach außen. Wandel heißt auch, dass die Forschung an Fachhochschulen ihr Schattendasein verlässt und weithin sichtbare Ergebnisse liefert. Zentral hierfür ist der Aufbau einer Nachwuchskette aus Studienanfängern, Studierenden, Absolventen, Promovenden, Postdoktoranden und Professoren. Die äußeren Rahmenbedingungen sind dafür so gut wie nie zuvor.

Auch die Bedingungen innerhalb der Arbeitsgruppe *SPOTSeven* sind sehr gut. Die erfolgreich in Kooperation mit einer deutschen Universität durchgeführte Promotion eines *SPOTSeven*-Mitglieds stellt mehr als nur ein „Proof-of-Concept“ dar.

Das, was in Deutschland noch als Ausnahme gilt, ist im Ausland problemlos möglich. In den letzten Jahren war ich Mitglied in Promotionskomitees an fünf europäischen Universitäten.

Neben erfolgreichen Forschungsanträgen in nationalen Förderprogrammen wurde 2015 erstmals ein Projekt im Rahmen des EU-Programms „Horizon 2020“ bewilligt. Dieser Erfolg ist auch Dr. Boris Naujoks zu verdanken, der nach langjähriger Mitarbeit als Postdoc im *SPOTSeven* Team eine Professur an der *TH Köln* übernahm und weiterhin Mitglied der Ar-

beitsgruppe ist. Ein weiterer Beleg dafür, dass das *SPOTSeven* Lab einen wichtigen Beitrag zum Aufbau der eingangs erwähnten Nachwuchskette liefert.

Durch die Aktivitäten des *SPOTSeven* Labs und befreundeter Institute wurden im Jahr 2015 Forschungsmittel in der Höhe von ca. einer Million € an der *TH Köln* eingeworben. Dadurch konnten bestehende Mitarbeiterverträge verlängert und neue Mitarbeiter eingestellt werden. Neu im *SPOTSeven* Team sind Viktoria Schaale, Dimitri Gusew und Sebastian Krey. Die beiden erstgenannten sind Absolventen der *TH Köln* und ihre Mitarbeit im *SPOTSeven* Team ein weiterer Beleg für das Funktionieren der Nachwuchskette.

Olaf Mersmann, der mehrere Jahre Mitglied des *SPOTSeven* Teams war und die Arbeitsgruppe Ende 2014 verließ, um eine unbefristete Stelle außerhalb der Hochschule anzutreten, erhielt seinen Dokortitel im April von der *TU Dortmund*.

Für 2016 stehen wichtige Aufgaben an. Die Anfängerzahlen bewegen sich auf einem unverändert hohen Niveau. Die Sicherstellung qualitativ hochwertiger Lehrveranstaltungen und die Entwicklung neuer Lehr- und Lernformate (Stichwort „Forschendes Lernen“) für große und sehr große Lerngruppen stellt weiterhin eine Herausforderung dar.

NRW-weit ist die Vernetzung im Rahmen des im Dezember 2015 gegründeten Graduierteninstituts eine wichtige Aufgabe. Das Thema „Promotionsrecht an Fachhochschulen“ bleibt somit weiter spannend.

Thomas Rave - Beilstein

2 Das SPOTSeven Lab

Das *SPOTSeven Lab* ist Teil des an der Technischen Hochschule Köln (*TH Köln*) angesiedelten Forschungsschwerpunktes *CIplus*. Zur Erläuterung der Beziehungen zwischen den einzelnen Einrichtungen werden diese im Folgenden kurz dargestellt.

2.1 Die TH Köln

Unter dem Namen *Technische Hochschule Köln* (*TH Köln*) präsentiert sich die Fachhochschule Köln seit 1. September 2015. Die *TH Köln* wurde 1971 gegründet und ist mit 23.600 Studierenden, 5.000 Studienanfängerinnen und -anfänger (jährlich) und über 2.800 Absolventinnen und Absolventen (jährlich) sowie ca. 120 Promovendinnen und Promovenden die größte Hochschule für Angewandte Wissenschaften in Deutschland. Die *TH Köln* bietet über 90 Studiengänge in 11 Fakultäten an. Insgesamt über 1.600 Beschäftigte, davon 420 Professorinnen und Professoren und 600 Wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, arbeiten an der *TH Köln*.

An der *TH Köln* werden über 17 Mio. Euro Forschungs- und Drittmittel eingeworben. Es gibt über 200 Partnerhochschulen und internationale Kontakte. Die Forschungsaktivitäten an der *TH Köln* tragen zur Weiterentwicklung von Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft bei. Die *TH Köln* ist eine Gemeinschaft, die auf disziplinärer und kultureller Vielfalt und Offenheit aufbaut. Sie ist ein Ort für soziale Innovation, forschendes Lernen und wissenschaftliche Bildung. Zehn Cluster veranschaulichen die Bandbreite des Themenspektrums.

Das *SPOTSeven Lab* ist im Cluster *Computational Services and Software Quality* im Forschungsschwerpunkt *Computational Intelligence plus* (*CIplus*) angesiedelt.

2.2 Der Forschungsschwerpunkt CIplus

Ziel des Forschungsschwerpunktes *Computational Intelligence plus* (*CIplus*) ist die Vernetzung und bessere Sichtbarkeit der Fachdisziplinen Optimierung, Simulation, Modellierung, Data Mining, Statistik und Mathematik unter besonderer Berücksichtigung naturanaloger Verfahren wie z.B. evolutionärer Algorithmen, siehe <http://www.ciplus-research.de>.

Nach positiver externer Evaluation befürwortete das Präsidium der *FH Köln* die Einrichtung des Forschungsschwerpunktes am 20.6.2012. Als Sprecher fungiert Prof. Dr. T. Bartz-Beielstein.

2.3 Das SPOTSeven Lab

Diese international und interdisziplinär besetzte Arbeitsgruppe entwickelt state-of-the-art Methoden in der industriellen Simulation und Optimierung. Das aus mehr als zehn wissenschaftlichen und studentischen Mitarbeitern (darunter acht Doktoranden) bestehende Team zählt zu den weltweit führenden Forschungsgruppen im Bereich der Computational Intelligence. Mit Projektpartnern entwickelt *SPOTSeven* aktuelle Forschungsergebnisse direkt zur Entwicklung und Umsetzung innovativer Lösungen bis hin zur Marktreife.



Abbildung 2.1 – Gastvortrag (Dr. Felix Gorschlüter) im *SPOTSeven* Doktorandenseminar. Das *SPOTSeven* Doktorandenseminar findet freitags statt. Durch die regelmäßigen Treffen ist ein kontinuierlicher Austausch über den Fortschritt der Promotionen gewährleistet.

Teammitglieder des *SPOTSeven* Labs veranstalten regelmäßig Vorlesungen zum Thema Simulation und Optimierung, in denen aktuelle Forschungsergebnisse behandelt werden. Zudem werden Methoden zur statistische Versuchsplanung- und Optimierung von der Arbeitsgruppe *SPOTSeven* in mehreren Forschungsprojekten entwickelt.

Zentral für die Arbeit im *SPOTSeven* Lab ist das freitags stattfindende Doktorandenseminar. Momentan nehmen acht Doktorandinnen und Doktoranden an dem Seminar teil. Das *SPOTSeven* Lab stellt die Schnittstelle zwischen Forschung und Lehre dar, so dass Forschendes Lehren ermöglicht wird.

3 Arbeitsgebiete und Forschungsprojekte

3.1 Arbeitsgebiete

3.1.1 SPOTSeven

SPOTSeven stellt eine Methode zur Entwicklung wissenschaftlich fundierter Lösungen zur Prozessanalyse und Optimierung für den industriellen Einsatz dar. Unsere modernen Methoden zur Datenanalyse, Simulation und Optimierung ermöglichen nachhaltige Verbesserungen in der Produktentwicklung und Prozesssteuerung. Die Forschungsprojekte basieren in vielen Fällen auf einer jahrelangen erfolgreichen Zusammenarbeit mit Industriepartnern. Diese Zusammenarbeit inspiriert unsere Forschung und motiviert unsere Studenten zu exzellenten Leistungen.

Mit dem *SPOTSeven* Prozessmodell steht ein Standardverfahren zur Anwendungen in verschiedenen Industriezweigen und für unterschiedliche Prozesse zur Verfügung. Hierzu gehören unter anderem Projekte in den Bereichen

- Energie: Reduktion von Schadstoffemissionen in Kohlekraftwerken
- Wasser: Analyse und Prognose der Trinkwasserqualität
- Metallverarbeitung, insbesondere Stahl: Prozessüberwachung von Walzstraßen in der (Edel-) Stahlherstellung
- Kunststoff: Online-Prozessüberwachung und Steuerung von Spritzgussmaschinen in der Kunststoffindustrie.

Der Einsatz von CI Methoden stellt ein wichtiges Element dieser Arbeit dar. Es kommen bevorzugt evolutionäre Algorithmen und genetisches Programmieren zum Einsatz. Zur Optimierung wird die *sequentielle Parameteroptimierung* (SPO) eingesetzt. Zur Simulation werden Regression, Response Surface Methoden und Kriging (Gaussche Prozessmodelle). Grundlegend für alle Verfahren ist der Einsatz der experimentellen Versuchsplanung (Design of Experiments) und deren Weiterentwicklung *design and analysis of computer experiments* (DACE) (Santner u. a., 2003). Das *SPOTSeven* Prozessmodell ermöglicht die systematische Optimierung komplexer Anwendungsprobleme. Es stellt eine Erweiterung der bekannten SixSigma Vorgehensweise dar.

Der *SPOTSeven* Prozess besteht aus den folgenden sieben, klar definierten Schritten, die an die individuellen Bedürfnisse der Industriepartner angepasst werden.

1. Definition
2. Datenerfassung und Messen
3. Modellierung und Analyse
4. Optimierung
5. Integration und Installation
6. Kontrolle
7. Meta-Evaluation

Eine Darstellung des *SPOTSeven* Prozessmodells ist in Bartz-Beielstein (2013) zu finden.

3.1.2 Computational Intelligence

Computational intelligence (CI) hat sich in den letzten Jahrzehnten als eine Fachdisziplin an den Schnittstellen zwischen angewandter Informatik, Mathematik und den Ingenieurwissenschaften



Abbildung 3.1 – Großer Andrang während der Mathematik 2 Vorlesung. An den Mathematikvorlesung im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium nehmen mehrere Hundert Studentinnen und Studenten teil.



Abbildung 3.2 – Steffen Moritz präsentiert seine Forschungsergebnisse zum Thema „Behandlung fehlender Daten“ während des CI Workshops. Das Thema seines Vortrags lautet: „Does imputation work for improvement of domestic hot water usage prediction?“.



Abbildung 3.3 – Jörg Stork präsentiert seine Forschungsergebnisse während des CI Workshops. Das Thema seines Vortrags lautet: „Boosting Parameter-Tuning Efficiency with Adaptive Experimental Designs“.



Abbildung 3.4 – Prof. Bartz-Beielstein fungierte als Part-Editor für das „Springer Handbook of Computational Intelligence“. Dieses Buch wird auf der Springer Webseite wie folgt beschrieben: *The Springer Handbook for Computational Intelligence is the first book covering the basics, the state-of-the-art and important applications of the dynamic and rapidly expanding discipline of computational intelligence. This comprehensive handbook makes readers familiar with a broad spectrum of approaches to solve various problems in science and technology. Possible approaches include, for example, those being inspired by biology, living organisms and animate systems. Content is organized in seven parts: foundations; fuzzy logic; rough sets; evolutionary computation; neural networks; swarm intelligence and hybrid computational intelligence systems. Each Part is supervised by its own Part Editor(s) so that high-quality content as well as completeness are assured.*

etabliert. Fuzzy-Logik, künstliche neuronale Netze sowie evolutionäre Algorithmen gehören zu den wichtigsten Verfahren. Dabei werden häufig biologische Problemlösungsstrategien für mathematische oder ingenieurwissenschaftlich-technische Fragestellungen verwendet. Die biologischen Systeme selbst dienen dabei als Inspirationsquelle und werden nicht eins zu eins nachgebildet.

Evolutionäre Algorithmen

Evolutionäre Algorithmen (EA) ist der Oberbegriff für eine Vielzahl populationsbasierter, stochastischer, direkter Suchverfahren, die Prinzipien der natürlichen Evolution nachbilden. Hierzu zählen *genetische Algorithmen*, *Evolutionsstrategien*, *evolutionäres Programmieren* und *genetisches Programmieren*. Im Folgenden stellen wir exemplarisch dar, wie diese Algorithmen im *SPOTSeven Lab* zum Einsatz kommen. Bartz-Beielstein u. a. (2014) geben eine umfassende Übersicht.

Genetisches Programmieren

Genetic Programming (GP) ist eine Klasse von evolutionären Algorithmen für die automatische Erzeugung symbolischer Lösungen für abstrakt definierte Problemstellungen (Poli u. a., 2008; Banzhaf u. a., 1998). Symbolische Lösungen sind beispielsweise mathematische Modellformeln. Basierend auf einer abstrakten Problemdefinition (z.B. „finde eine möglichst exakte mathematische Modellformel für ein gegebenes physikalisches System“) erzeugt GP eine Population von zufälligen symbolischen Lösungen (z.B. Modellformeln) und verfeinert diese schrittweise in einem

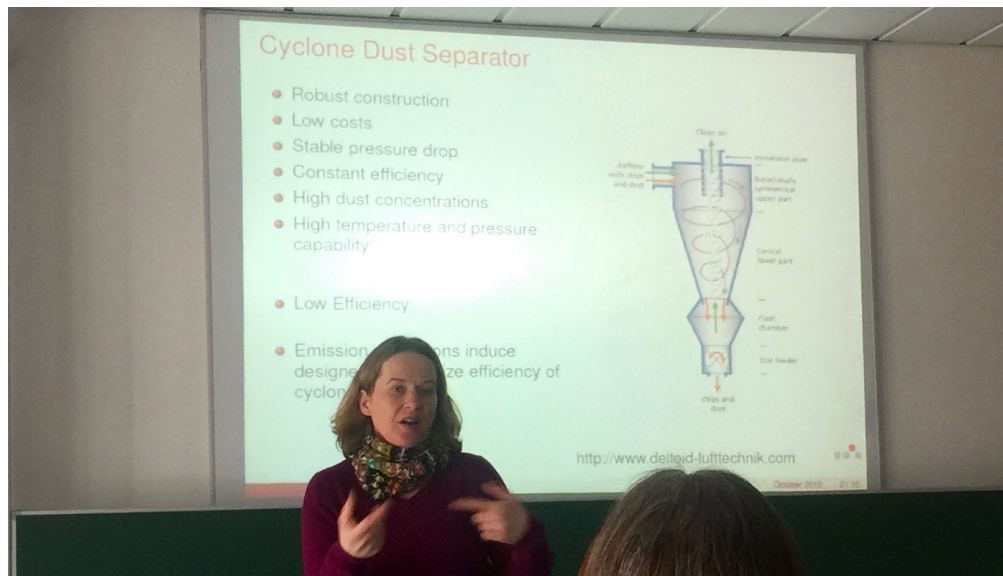


Abbildung 3.5 – Beate Breiderhoff trägt im SPOT Seven Doktorandenseminar vor.

evolutionären Prozess durch Mutation, Rekombination und Selektion, bis eine zufriedenstellende Lösung gefunden ist.

Ein wichtiger Vorteil von GP ist, dass kein Vorwissen zur Struktur möglicher Lösungen benötigt wird. Ein weiterer wichtiger Vorteil ist die symbolische Lösungsrepräsentation, welche die Interpretation durch den Benutzer möglich macht. Beispielsweise werden GP-erzeugte Modellformeln für physikalische Prozesse in der gleichen Form dargestellt wie vom Menschen erstellte mathematische Modellformeln. Ein zusätzlicher Vorteil dieser symbolischen Darstellung ist, dass die gefundenen Lösungen sehr einfach in bestehenden industriellen Mess- und Steuerungssystem eingesetzt werden können. Im Gegensatz zu Verfahren wie *Neuronal Networks* (NN) oder *Support Vector Machines* (SVM) wird im Allgemeinen keine spezielle Softwareumgebung für die Ausführung von GP-erzeugten Modellen benötigt. Der bislang bedeutendste Nachteil von GP gegenüber anderen CI-Methoden war ein relativ hoher Rechenaufwand. GP ist jedoch sehr einfach parallelisierbar und kann daher sehr gut von der Verfügbarkeit günstiger Multi-Core-Workstations profitieren, wodurch das Verfahren inzwischen in sehr vielen Problemfeldern auch ohne den Einsatz von Hochleistungsrechnern anwendbar ist.

Poli u. a. (2008) präsentieren einen aktuellen Überblick und geben eine umfassende Darstellung der GP-Forschung. Aktuell werden weitere GP-Operatoren bzw. Variationen bestehender Operatoren entwickelt. Lineares GP, Graph-GP und GP zur mehrkriteriellen Optimierung finden zunehmend Anwendung. Zu den wichtigsten (und erfolgreichsten) Anwendungsgebieten für GP zählen Modellierung, symbolische Regression, Bild- und Signalverarbeitung, Finanzzeitreihenanalyse und ökonometrische Modelle, industrielle Prozesssteuerung, Medizin, Biologie und Bioinformatik. Kordon (2006) gibt eine Übersicht über den Einsatz von GP in der *Dow Chemical Company*.

Neuerdings wird die sog. *Multi-Objective Symbolic Regression* (MOSR oder auch Pareto-GP) erfolgreich als Modellierungstechnik angewendet. Basierend auf GP sollen dabei zwei widersprüchliche Zielsetzungen, einerseits Modellqualität (Prognosegüte) und andererseits Modellkomplexität, optimiert werden (Smits u. Vladislavleva, 2006). Pareto-GP kann zur automatischen Variablenauswahl, Berechnung sehr großer Datenmengen und Entwicklung zuverlässiger Modelle eingesetzt

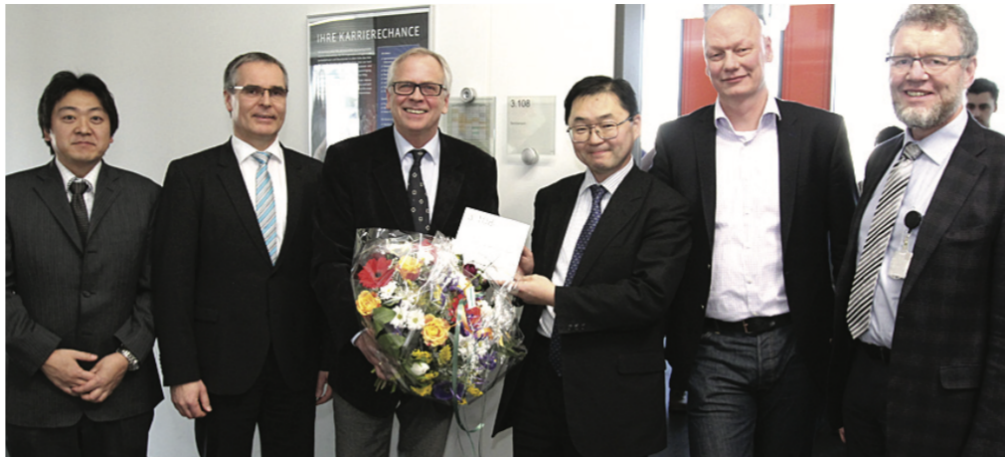


Abbildung 3.6 – Steinmüller Engineering ist neuer Hörsaalsponsor am Campus Gummersbach. Der Hörsaal 3.108 trägt den Namen des Unternehmens. Damit wird ein wichtiger und langjähriger Kooperationspartner der Hochschule auch im Hochschulalltag für Studierende und Lehrende präsent.

werden. Es werden Verfahren zur Vermeidung von Overfitting und zur Identifikation von Ausreißern entwickelt. Der Einsatz von Pareto-GP bettet sich sehr gut in die Vorgehensweise der experimentellen Versuchsplanung (*Design of Experiments*, DoE) ein. Mitglieder des *SPOTSeven* Labs stehen im Austausch mit Forschern der Universitäten Tilburg, Eindhoven und Antwerpen sowie mit der Arbeitsgruppe um Dr. Guido Smits (*Dow Benelux B.V.*), die diese Verfahren erfolgreich in der industriellen Praxis einsetzen.

Genetic Programming macht zur Zeit eine rasante Entwicklung durch. Einzelne Studien belegen die Überlegenheit von GP gegenüber klassischen Ansätzen. GP wird in Forschungseinrichtungen großer Konzerne (wir z.B. *Dow Benelux B.V.*) gleichberechtigt neben anderen Verfahren eingesetzt. Einen umfassenden Vergleich gängiger Methoden zur empirischen Modellierung (lineare Regression, rationale Intervallinterpolation, NN, SVM, Kriging, MLS, MARS und GP) gibt Vladislavleva (2008).

3.1.3 Data Mining

Datenerfassung und Systematisierung

Seit mehr als 15 Jahren bearbeitet Prof. Dr. Bartz-Beielstein Projekte aus der angewandten Forschung. So war er von 2000 bis 2006 im Sonderforschungsbereich „Design und Management komplexer technischer Prozesse und Systeme mit Methoden der Computational Intelligence“ (SFB 531) in einem Projekt zur Umsetzung der Grundlagenresultate in praxisorientierte Algorithmen und Werkzeuge tätig. Der SFB 531 stellte während seiner Förderung in den Jahren 1997-2008 eine fakultätsübergreifende Einrichtung der Technischen Universität Dortmund dar und wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) finanziell unterstützt. Prof. Dr. Bartz-Beielstein arbeitete im Projekt „Evolutionäre Algorithmen für den industriellen Einsatz“ (Projektleitung Prof. Dr. Günter Rudolph) an Fragestellungen u.a. aus den Bereichen Maschinenbau, Informatik, Bio- und Chemieingenieurwesen und Elektrotechnik.

Die Datenvorverarbeitung und Systematisierung vorhandener Ergebnisse spielte eine entscheidende Rolle in diesen Projekten. Seit Oktober 2006 hat Dr. Bartz-Beielstein eine Professur für

Angewandte Mathematik an der *TH Köln* inne. Die Erfassung und Auswertung von Daten aus praktischen Anwendungen spielt auch in den aktuellen Forschungsprojekten eine wichtige Rolle. So fallen z.B. bei der Optimierung von Biogasanlagen und Kläranlagen oder beim Spritzgießen große Datenmengen an, die in unterschiedlichen Formaten vorliegen (Bartz-Beielstein u. a., 2010; Flasch u. a., 2010b,a; Koch u. a., 2010a,c,b; Bartz-Beielstein, 2010a; Ziegenhirt u. a., 2010; Flasch u. a., 2009; Konen u. a., 2009; Bartz-Beielstein u. Konen, 2008; Bartz-Beielstein u. a., 2008; Konen u. Bartz-Beielstein, 2008; Bartz-Beielstein u. a., 2007).

3.1.4 Statistische Versuchsplanung, Design of Experiments

Der Einsatz von Methoden der statistischen Versuchsplanung, engl. *design of experiments* (DOE), gehört zu den Standardtechniken im *SPOTSeven Lab*. Design of experiments wird einerseits zur Analyse von Algorithmen und Simulationsmodellen, andererseits zur Untersuchung von industriellen Prozessen eingesetzt. Eine umfassende Darstellung findet sich in Bartz-Beielstein (2006).

3.1.5 Modellierung und Simulation

Modellbildung

Basierend auf den Ergebnissen der statistischen Versuchsplanung kommen Verfahren zur Modellbildung zum Einsatz. Dazu gehören klassische statistische Verfahren wie Methoden der Regressionsanalyse bis hin zu modernen statistischen Verfahren wie stochastischen Prozessmodellen (Kriging). Hervorzuheben ist in diesem Zusammenhang, dass Prof. Dr. Bartz-Beielstein mit der *sequentiellen Parameter Optimierung* (SPO) ein Werkzeug entwickelt hat, das state-of-the-art Modellierungstechniken für die Prozessoptimierung zur Verfügung stellt. SPO wird von einer Vielzahl von Forschern in unterschiedlichen Projekten erfolgreich eingesetzt. Mehnen u. a. (2007) zeigen, wie Temperierbohrungen mittels SPO optimiert werden. So konnte die Kühlungsstrategie signifikant verbessert werden. Konen u. a. (2009) modellieren und optimieren die Vorhersage von Füllständen in Regenüberlaufbecken. Bartz-Beielstein (2010b) gibt eine Übersicht mit mehr als einhundert Literaturstellen.

Simulation, CFD, Multi-Agentensysteme

Für Aufgaben aus dem ingenieurwissenschaftlichen Bereich existiert ein großes Repertoire an Simulationsmethoden und Rechenverfahren für Strömungsprobleme. Aktuelle F&E-Aufgaben bestehen darin, die Erkenntnisse aus der Beschäftigung mit Partikel-Systemen, Schwärmen und Multi-Agentensystemen auf diese Fragestellungen anzuwenden und sie im Rahmen von Optimierungsalgorithmen zu integrieren. Auch in diesem Bereich ist das *SPOTSeven* Team in Forschung und Lehre aktiv.

3.1.6 Big Data

Im *SPOTSeven Lab* werden im Themenfeld *Big Data* unter anderem Verfahren zur Datenclustering und zur Prognose entwickelt.

Clustering Algorithmen werden zur Erkennung von Verbrauchsmustern weiterentwickelt. Bei Clustering Algorithmen ist zu beachten, dass klassische Varianten wie *Hierarchical Clustering* eine Komplexität (Laufzeit und Speicher) von $O(n^2)$ oder schlechter aufweisen können. Algorithmen wie *k-means* versagen bei hochdimensionalen Daten. Für hochdimensionale Daten mit vielen Datensätzen sind Clustering Algorithmen geeignet, die zufällig Untermengen der Daten wählen,



Abbildung 3.7 – Studierende in der Vorlesung Mathematik 2. Neben den Inhalten der Mathematikvorlesung stellen überfüllte Hörsäle die Studierenden auf die Probe.



Abbildung 3.8 – Der dritte CFD Workshop fand am 3. September 2014 statt. An dem Workshop nahmen Vertreter aus der Industrie und von anderen Hochschulen teil.

auf zusammenfassenden Statistiken der Daten operieren, Dichte von Punkten ausnutzen, den Datenraum in ein Gitternetz unterteilen, Divide And Conquer verwenden oder inkrementell neue Datensätze einlesen. Ein Beispiel für solche Algorithmen (gitterbasiert und inkrementell) ist *Fractal Clustering*.

Für große Datenmengen sind Prognose- und Optimierungsalgorithmen kaum erforscht. Klassische Algorithmen lassen sich nur sehr eingeschränkt einsetzen und werden daher anhand zweier Paradigmen modifiziert: Parallelisierung und Randomisierung. Wir betrachten als Anwendungsfälle dynamische Probleme, d.h., es gibt keinen Zeitpunkt, zu dem die Optimierung der Regelung als abgeschlossen betrachtet werden kann. Interessante neue Ansätze verwenden asynchrone stochastische Gradientenabstiegsverfahren oder verteilte, asynchrone L-BFGS Varianten. Evolutionäre Algorithmen, die eine parallele Optimierung inhärent ermöglichen, werden bisher kaum eingesetzt. Es sind zudem fast immer konfliktäre Ziele (z.B.: Komfort vs. Energieeffizienz) zu optimieren, was mehrkriterielle Algorithmen aus dem Bereich der Evolutionären Algorithmen leisten können. Hierfür gibt es noch keine speziell auf den Big Data Bereich zugeschnittenen Methoden dieser Art.

3.1.7 Schadenvorhersage

Schadenvorhersage (Damage Prognosis, DP) kann als generische Weiterentwicklung des *Structural Health Monitorings* (SHM) betrachtet werden, da die Vorhersage von Schäden einerseits die SHM Informationen benötigt, andererseits weiterführende Schlüsse zulässt. Die Schadenvorhersage geht dabei von den folgenden Annahmen aus: Es ist bekannt, was unter einem Schadensfall verstanden wird, der aktuelle Systemzustand kann bestimmt werden und es kann festgestellt werden, in welcher Weise der Schaden zunimmt.

Es kann hierbei auf die aus dem SHM bekannte Klassifikation zurückgegriffen werden. Ausgangspunkt ist dabei die Überlegung, dass es in der Realität kein perfektes Bauteil gibt. Jedes Bauteil weist einen initialen Defekt auf. Dieser Defekt kann sich zu einem Schaden weiterentwickeln, schließlich kann ein Schaden zu einem Ausfall führen (Worden u. a., 2007). Die Schadenvorhersage umfasst die folgenden Aufgaben:

- Bestimmung der Schadensursachen,
- Bestimmung der zukünftigen Belastungen,
- Erarbeitung von Verfahren zur Schadensdetektion,
- Auswahl der Prognosemodelle für die Schadenvorhersage und
- Bestimmung des Ziels der Vorhersage.

Es werden die folgenden drei System- bzw. Materialbeanspruchungen unterschieden: a) Kontinuierlich und geringfügig, b) vorhersagbar und diskret sowie c) nicht vorhersagbar und diskret.

Die unterschiedlichen Arten der Beanspruchung erfordern wiederum unterschiedliche Vorgehensweisen bei der Datenerfassung. So ist für unvorhersehbare diskrete Ereignisse eine kontinuierliche Datenerfassung erforderlich. Im Gegensatz zu SHM ist die Schadenvorhersage eine sich erst noch entwickelnde Technologie. Erfolgreiche DP Anwendungen existieren momentan im Wesentlichen für Systeme mit beweglichen Teilen (Hubschrauber). Die meisten rein datengetriebenen Modelle eignen sich dabei nicht zur Extrapolation. Daher ist ein physikalisches Modell als Ergänzung sinnvoll. Das in Abbildung 3.9 dargestellte DP-Vorgehensmodell unterteilt sich daher in einen datengetriebenen und physikalischen Bereich.

Die vom *SPOTSeven Lab* entwickelten Methoden zur Schadenvorhersage werden im Forschungsprojekt ISAFAN eingesetzt. Das Forschungsprojekt ISAFAN (Intelligente Schadenvorhersage an

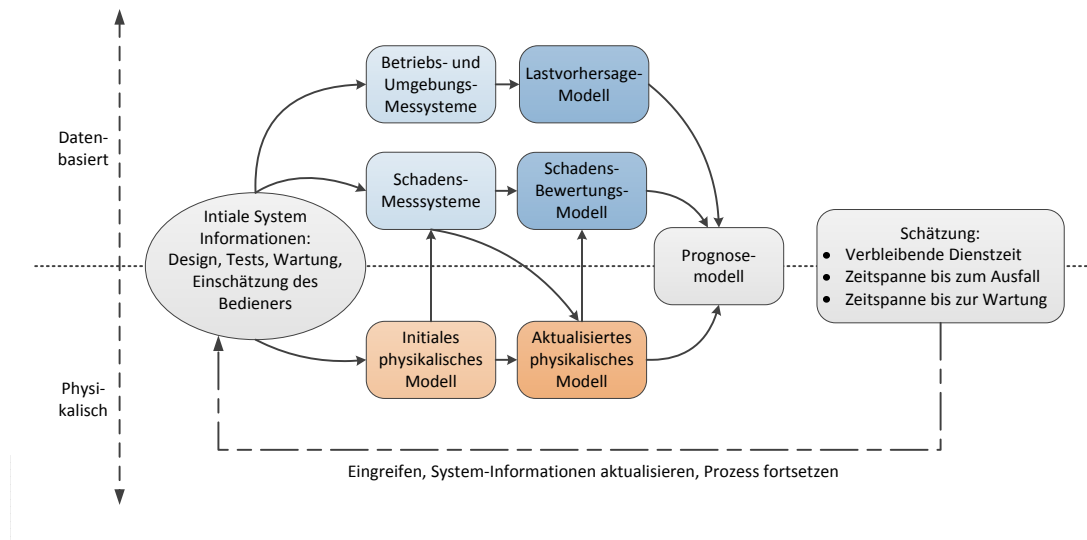


Abbildung 3.9 – Vorgehensmodell zur Schadenvorhersage

Faserverbundkunststoff-Bauteilen in industriellen Anwendungen) der *TH Köln* arbeitet an der Optimierung von Faserverbundkunststoffen, etwa zum Bau von Windrädern und Flugzeugen oder in der Automobilindustrie. Ein interdisziplinäres Forscherteam aus vier Instituten der Hochschule entwickelt faserverstärkte Bauteile mit eingebauten Sensoren. Diese liefern permanent Informationen über den Zustand der Werkstücke. Zeitgleich werden in dem Projekt statistische Methoden erarbeitet, die Schadensentwicklungen oder das Versagen von Teilen vorhersagen. Wartungen oder der Austausch von Komponenten können so effizient geplant werden. ISAFAN wird durch das Landesprogramm FH Struktur mit 240.000 Euro gefördert und voraussichtlich bis Ende 2017 laufen.

3.1.8 Optimierung

Anlagenoptimierung

Prof. Dr. Bartz-Beielstein verfügt über umfangreiche Erfahrungen im Bereich der Optimierung komplexer Systeme und Anlagen. Die Optimierung komplexer Anlagen war Gegenstand seiner Tätigkeit im bereits erwähnten Sonderforschungsbereich 531 an der *TU Dortmund* (Beielstein u. a., 2003c; Weinert u. a., 2004).

In den Jahren 2001 bis 2006 entstanden in Zusammenarbeit mit Dr. Sandor Markon (Fujitec Ltd, Japan) eine Vielzahl Publikationen zum Thema Fahrstuhloptimierung (Markon u. a., 2001; Beielstein u. Markon, 2002; Beielstein u. a., 2003a,b; Bartz-Beielstein u. a., 2003; Bartz-Beielstein u. Markon, 2004; Bartz-Beielstein u. a., 2005b). Ergebnisse dieser Arbeiten sind in dem Buch „Modern Supervisory and Optimal Control with Applications in the Control of Passenger Traffic Systems in Buildings“ (Markon u. a., 2006) zusammengefasst.

Die im *SPOTSeven* Lab kontinuierlich weiterentwickelte Toolbox SPO beinhaltet Funktionen, die eine hierarchische Parameteroptimierung ermöglichen. So kommen während der Optimierung verschiedene Modelle zum Einsatz, die geeignete Lösungskandidaten auf der Modellebene (siehe Abbildung 3.12) vorhersagen. Diese Modelle können statisch festgelegt oder während der Optimie-



Abbildung 3.10 – Treffen des *SPOTSeven* Teams. Andreas Fischbach, Quoc Cuong Pham, Jörg Stork, Christian Jung, Margarita Rebolledo, Martina Frieze.



Abbildung 3.11 – Weitere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des *SPOTSeven* Teams. Martina Frieze, Oliver Flasch, Boris Naujoks, Beate Breiderhoff, Martin Zaefferer.

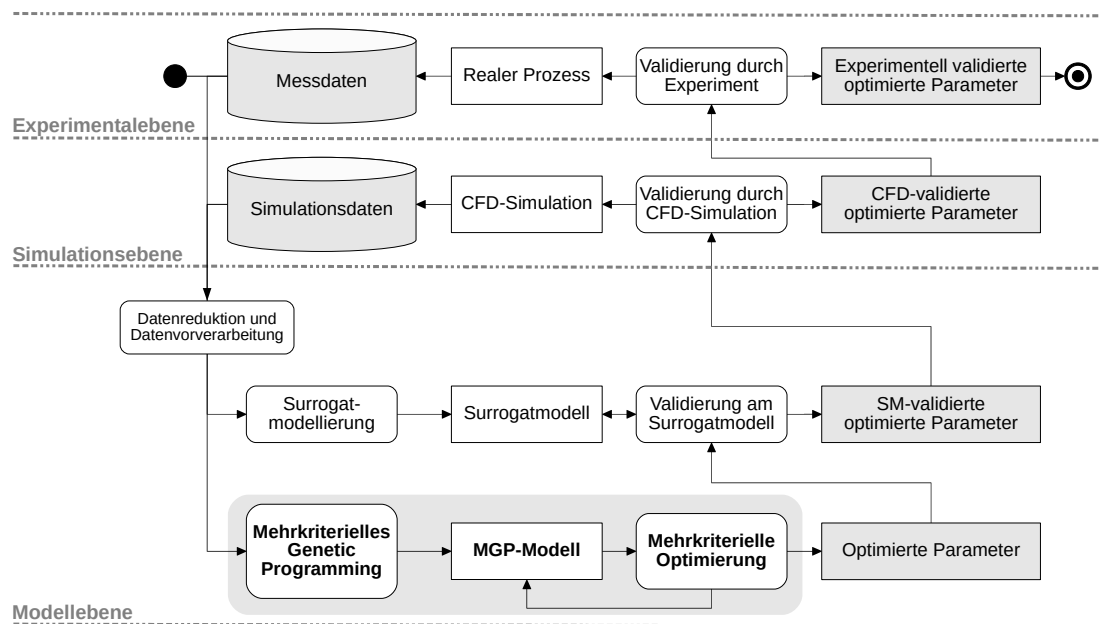


Abbildung 3.12 – Überblick über die verschiedenen Hierarchieebenen bei der Modellierung, Simulation und Optimierung: Auf der Experimentalebene werden die realen Experimente durchgeführt, die Daten gesammelt und darauf aufbauenden Modellierungen zur Verfügung gestellt. In der Simulationsebene werden CFD Modelle verwendet, um im Rahmen des Projektes generierte Parametrierungen für den realen Prozess einer letzten, endgültigen Validierung zu unterziehen. In der Modellebene findet sowohl die Modellbildung und Optimierung mit Hilfe mehrkriterieller Verfahren und des mehrkriteriellen GP (MGP) statt, als auch eine erste Validierung mit Hilfe von Surrogatmodellen, die ebenfalls auf Basis der Messdaten generiert werden.

rung dynamisch wechseln (Bartz-Beielstein, 2010c). Im Rahmen des Forschungsprojekts FIWA wurden im *SPOTSeven* Lab Optimierungen von Biogasanlagen und Kläranlagen durchgeführt (Ziegenhirt u. a., 2010; Flasch u. a., 2010a; Koch u. a., 2010b,c; Konen u. a., 2009; Bartz-Beielstein u. Konen, 2008; Bartz-Beielstein u. a., 2007; Konen u. a., 2007).

Mehrkriterielle Optimierung

Die mehrkriterielle Optimierung wurde zuerst im Bereich des *operations research* für diskrete Optimierungsaufgaben eingesetzt. Einen guten Überblick über die dort verwendeten Verfahren des *multi-criteria decision making* geben Miettinen (1999) und Ehrgott (2005). Seit Mitte/Ende der 1990er Jahre sind auch erste Ansätze mit Hilfe von evolutionären Algorithmen zur mehrkriteriellen Optimierung bekannt. Hier bieten von Deb (2001) und Coello Coello u. a. (2007) einen guten Überblick. Das bekannteste Verfahren zur evolutionären mehrkriteriellen Optimierung ist noch immer der *non-dominated sorting genetic algorithm II (NSGAII)* von Deb u. a. (2002), auch wenn das sekundäre Selektionskriterium basierend auf der *crowding-distance* mittlerweile überholt ist. Seit Mitte der 2000er Jahre werden hier zunehmend Indikator-basierte Verfahren eingesetzt, beispielsweise der Hypervolumen-Indikator (vgl. den SMS-EMOA (Beume u. a., 2007)). Grundsätzlich ist aber auch ein Trend von der singulären Betrachtung des Selektionsoperators zu eher ganzheitlich angelegten Ansätzen, die auch die Variationsoperatoren berücksichtigen, zu beobachten. Der zunehmenden Anzahl von Parametern wird dann mit Hilfe von SPO begegnet (Wessing

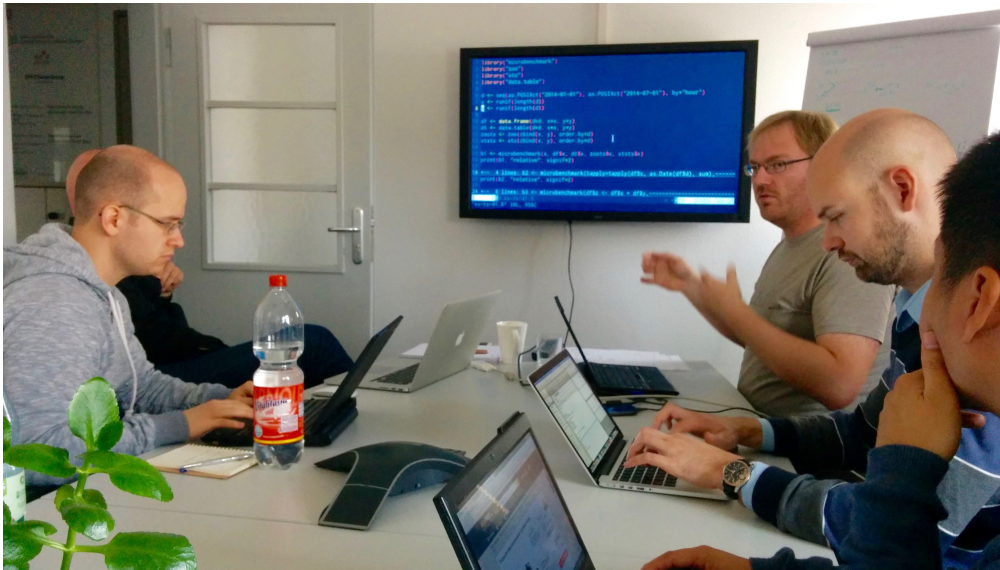


Abbildung 3.13 – Diskussion im *SPOTSeven* Team. Dr. Olaf Mersmann erläutert Eigenarten der Programmiersprache R.

u. a., 2010).

3.2 Aktuelle Projekte

In diesem Abschnitt werden Kennzahlen zu den Projekten, die im Berichtszeitraum (IV. Quartal 2014 bis IV. Quartal 2015) im *SPOTSeven* Lab bearbeitet wurden, aufgelistet. Es handelt sich dabei um die folgenden Projekte:

1. CIMO (281.453,70 €)
2. MCIOP (285.674,40 €)
3. COe-Sensor (173.402,00 €)
4. ISAFAN (238.890,00 €)
5. PerOpti (90.000,00 €)
6. SO2-Sensor (168.573,00 €)
7. Synergy (266.413,00 €)
8. IMProvT (590.445,00 €).

3.2.1 CIMO: „CI-basierte mehrkriterielle Optimierungsverfahren für Anwendungen in der Industrie.“

Förderkennzeichen 17002X11 (BMBF)

Laufzeit 1.11.2011 - 31.10.2014



Abbildung 3.14 – Besuch aus Rumänien. Im Jahre 2008 war Prof. Bartz-Beielstein Mitglied der Promotionskomitees von Ruxandra und Catalin Stoean. Der freundschaftliche Kontakt wird bis heute fortgesetzt. Während der Vorträge im *SPOTSeven* Doktorandenseminar waren auch Ruxandras und Catalins Kinder anwesend. Die Titel der Vorträge lauten „Computational Intelligence for Medical Decision Support“ und „Computational Diagnosis Support for Patients with Colorectal Neoplasm Based on Histological Images“.

Fördervolumen 281.453,70 €

Förderlinie „Forschung an Fachhochschulen mit Unternehmen (FHprofUnt)“ 2011 im Rahmen des Programms „Forschung an Fachhochschulen“

Projektpartner Steinmüller Engineering GmbH, TU Dortmund, Universiteit Leiden, Universiteit van Tilburg, Evolved Analytics LLC, Universiteit Gent, Arbeitgeberverband Oberberg e.V.

Projektleitung, Wissenschaftliche Mitarbeiter Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaef-ferer, Margarita Rebolledo

Kurzbeschreibung Ziel des Projektes CIMO ist die Entwicklung von Optimierungsverfahren zur Analyse und Prognose von Daten zur Reduktion von Schadstoffemissionen in Kohlekraftwerken mittels Verfahren der *computational intelligence* (CI). Methoden aus der Informatik, insbesondere aus dem Bereich des Algorithm Engineering spielen hierbei eine zentrale Rolle. Die Entwicklung entsprechender Algorithmen (Optimierungsverfahren) und Visualisierungstechniken stehen im Mittelpunkt dieses Projektes. Der Schwerpunkt liegt dabei auf „Genetic Programming“, einem Verfahren, mit dem mathematische Modelle für Schadstoffemissionen automatisch anhand von Messdaten erzeugt werden können. Da mehrere Zielgrößen berücksichtigt werden, kommen Verfahren der mehrkriteriellen Parameteroptimierung zum Einsatz. Außerdem müssen Verfahren zur Restriktionsbehandlung entwickelt werden, da viele Nebenbedingungen auftreten.



Abbildung 3.15 – Einweihung des Steinmüller Engineering Hörsaals am 26. Februar 2015.

3.2.2 MCIOP – Mehrkriterielle CI-basierte Optimierungsverfahren für den industriellen Einsatz

Förderkennzeichen 17N0311 (BMBF)

Laufzeit 1.8.2011 - 30.6.2015

Fördervolumen 285.674,40 €

Förderlinie „Ingenieurnachwuchs an Fachhochschulen (IngenieurNachwuchs)“ 2011 im Rahmen des Programms „Forschung an Fachhochschulen“

Projektpartner Steinmüller Engineering GmbH, TU Dortmund, Evolved Analytics LLC, Universiteit van Tilburg, Universiteit Leiden, Universiteit Gent, Arbeitgeberverband Oberberg e.V.

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Oliver Flasch

Kurzbeschreibung Ziel des Projektes MCIOP ist die Verringerung von Schadstoffemissionen in Kohlekraftwerken. Der wissenschaftliche Fokus liegt auf der Entwicklung von Methoden, die in der Lage sind, interpretierbare Modelle für die Schadstoffemissionen automatisch zu generieren. Hierzu werden mehrkriterielle Optimierungsverfahren entwickelt und eingesetzt. Zur Zeit- und Kostenreduktion wird die Optimierung durch Surrogat-Modelle erfolgen, die abgestuft mit aufwändigeren Simulationen zum Einsatz kommen („optimization via simulation“). Bei der Anlagenplanung und während des Betriebs können durch eine mehrkriterielle Optimierung unterschiedliche Zielgrößen, wie z.B. Kraftwerkseffizienz und Schadstoffmenge, gleichzeitig berücksichtigt werden.



Abbildung 3.16 – „Japanische Studenten könnten nach Gummersbach kommen, bei Steinmüller Engineering ein Praktikum absolvieren und gleichzeitig Vorlesungen an der TH hören“, so Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Thomas Will (*Steinmüller Engineering GmbH*) und Prof. Bartz-Beielstein hatten das Treffen mit dem japanischen Professor Dr. Yamashita organisiert. Er leitet das „Center für Engineering Education Development“ (CEED), das unter anderem den studentischen Austausch und die Vermittlung von Praktika fördert.

3.2.3 COe-Sensor — Entwicklung von stabilen und querempfindlichkeitsfreien COe-sensitiven Materialien für Rauchgassensoren

Förderkennzeichen KF3145101WM3

Laufzeit 1.7.2013 - 30.06.2015

Fördervolumen 173.402,00 €

Förderlinie „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“- Kooperationen, Projektform: Kooperationsprojekt (KF)

Projektpartner ENOTEC GmbH

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork

Kurzbeschreibung Entwicklung von modernen Modellierungstechniken, mehrkriterieller Optimierung und dem flexiblen mehrschrittigen Prozessmodell.

3.2.4 ISAFAN: Intelligente Schadenvorhersage an Faserverbundstoff-Bauteilen in industriellen Anwendungen

Förderkennzeichen FH-STRUKTUR 2014/10 (ISAFAN)



Abbildung 3.17 – Arbeitstreffen bei dem Industriepartner *Enotec GmbH*. Mit der *Enotec GmbH* wurden bereits zwei Forschungsprojekte durchgeführt: „Entwicklung von stabilen und querempfindlichkeitsfreien CO₂-sensitiven Materialien für Rauchgassensoren“ und „Entwicklung multivariater Modellierung und adaptive Online Optimierung für das In-situ Messsystem mit einer SO₂-Sonde.“



Abbildung 3.18 – Besuch eines Industriepartners (Projekt ISAFAN). Die ZF Friedrichshafen AG ist ein weltweit führender Technologiekonzern in der Antriebs- und Fahrwerktechnik. Dipl.-Ing. Andre Stieglitz und Dr. Ingolf Müller aus dem Bereich Forschung und Entwicklung kamen zu einem Arbeitstreffen nach Gummersbach, um Kooperationsmöglichkeiten mit den ISAFAN Mitgliedern zu erörtern.

Laufzeit 1.1.2014 - 31.12.2017

Fördervolumen 238.890,00 € (Förderung durch das MIWF)

Förderlinie FH STRUKTUR 2014. Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen

Projektpartner Prof. Dr. Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Blaurock, Prof. Dr. Lake, Prof. Dr. Bongards, Prof. Dr. Herrmann.

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Jochen Blaurock, Martin Zaefferer

Kurzbeschreibung Gegenstand des geplanten Forschungsschwerpunktes ist die Untersuchung neuer Methoden zur Online-Überwachung von Faserverbundkunststoffbauteilen. Das innovative Forschungsgebiet liegt hierbei nicht ausschließlich in der Messung von Strukturveränderungen, sondern insbesondere in der Entwicklung statistischer Methoden zur Schadenvorhersage. Industrielle Anwendungen ergeben sich im Bereich der Windkraft, der Automobilindustrie und im Flugzeugbau.

3.2.5 PER-OPTI – Optimierung der Prozessführung basierend auf der automatischen Performancebewertung in modernen Walzwerken

Förderkennzeichen Anschubfinanzierung FH Köln

Laufzeit 1.5.2012 - 30.4.2015

Fördervolumen 90.000 €

Förderlinie FH Köln: Interne Forschungsförderung: Antrag auf Anschubfinanzierung

Projektpartner Prof. Dr. Bartz-Beielstein, Prof. Dr.-Ing. Haber, Prof. Dr.-Ing. Jelali, Prof. Dr.-Ing. Smajic

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr.-Ing. Mohieddine Jelali, Christian Jung

Kurzbeschreibung Das vorliegende Verbundforschungsprojekt dient als Startpunkt zur Bildung eines neuen Forschungsschwerpunktes „Ressourcen- und Energieeffizienz“ an der FH Köln, zur Intensivierung der Drittmittelwerbung sowie zur Verbesserung der interdisziplinären und fakultätsübergreifenden Zusammenarbeit und Forschung auf den Gebieten der Regelungs- und Automatisierungstechnik. Gegenstand der Forschung und Anwendung stellen komplexe Anlagen und Prozessketten dar, wie sie in der Prozessindustrie, insbesondere der metallverarbeitenden Industrie, vorkommen. Dort besteht viel Potential zur Energie- und Ressourceneffizienz bzw. zur Verringerung von Umwelt-/Klimabelastung. Einen effektiven Beitrag dazu können neue, effiziente Automatisierungssysteme leisten, die im Rahmen des Forschungsschwerpunktes gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Hochschule entwickelt werden.

3.2.6 SO2-Sensor: „Entwicklung multivariater Modellierung und adaptive Online Optimierung für das In-situ Messsystem mit einer SO2-Sonde.“

Teilprojekt im ZIM-Projekt „Entwicklung eines nanostrukturierten SO2-Sensors mit dynamischer Kalibrierung für komplette In-situ Rauchgas-Messsysteme.“ Entwicklung von modernen Modellierungstechniken, mehrkriterieller Optimierung und dem flexiblen mehrschrittigen Prozessmodell.



Abbildung 3.19 – Gemeinsame Lehrveranstaltung Qualitätsmanagement. Die Professoren Dr. Thomas Bartz-Beielstein und Dr. Thomas Münster hatten sich ein sehr anschauliches Konzept für eine Versuchsplanung im Rahmen einer Lehrveranstaltung überlegt.



Abbildung 3.20 – Forschendes Lernen in der Lehrveranstaltung Qualitätsmanagement (Münster, Bartz-Beielstein). Die 30 Teilnehmer erhielten jeweils ein DIN-A-4 Blatt mit vorgegebenen Schnittlinien, aus dem sie einen Papier-Helikopter basteln sollten. Dann ließen die Teams die Helikopter von der oberen Brücke in der Eingangshalle des Hochschulgebäudes fliegen. Die Zeit bis zum Auftreffen am Boden wurde gestoppt. Ziel war, durch konstruktive Optimierung eine möglichst lange Flugzeit zu erreichen.



Abbildung 3.21 – Forschendes Lernen. Die Studierenden erfahren ganz praktisch, welchen Aufwand es bedeutet, über Versuche konstruktive Änderungen und Messungen ein Optimum zu erreichen. In der Industrie kann man sich einen solchen Aufwand nicht leisten. Die Firmen wenden stattdessen computergesteuerte Optimierungsverfahren an.

Förderkennzeichen KF3145101WM3

Laufzeit 1.1.2015 - 31.12.2016

Fördervolumen 168.573,00 €

Förderlinie „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)“- Kooperationen, Projektform: Kooperationsprojekt (KF)

Projektpartner ENOTEC GmbH

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork

3.2.7 SYNERGY — Synergy for Smart Multi-Objective Optimization

Förderkennzeichen 692286 (Proposal number)

Laufzeit 1.2.2016 - 31.1.2019

Fördervolumen 1.016.890,00 € (TH-Anteil: 266.413,00 €)

Förderlinie Horizon 2020 (TWINN-2015-1)

Projektpartner Prof. Dr.-Ing. Boris Naujoks, Prof. Dr. El-Ghazali Talbi, Dr. Tea Tusar, Prof. Dr. Nouredine Melab, Prof. Dr. Gregor Papa, Prof. Dr. Bogdan Filipic, Prof. T. Bartz-Beielstein

Projektleitung Prof. Dr. Peter Korosec (Forschungsinstitut Institut Jozef Stefan in Ljubljana/Slowenien)

Kurzbeschreibung Im Rahmen des EU-Programms für Forschung und Innovation „Horizon 2020“ gibt es die Säule „Verbreitung von Exzellenz und Ausweitung der Beteiligung“ (<http://www.eubüero.de/ausweitung.htm>), der verschiedene Förderlinien zugeordnet sind. In einer dieser Förderlinien, „Twinning: Partnerschaften von Forschungseinrichtungen“ hat Prof. Boris Naujoks in Zusammenarbeit mit Prof. Thomas Bartz-Beielstein und weiteren Partnern aus Frankreich und Slowenien erfolgreich eine Projektförderung eingeworben.

Das Projekt mit dem Namen „SYNERGY“ wird gemeinsam mit der Universität Lille und dem Forschungsinstitut Institut Jozef Stefan in Ljubljana/Slowenien durchgeführt. Hierbei handelt es sich um eine sog. Koordinierungs- und Unterstützungsmaßnahme, die 36 Monate lang läuft und ein Gesamtfördervolumen von 1.016.890 EUR umfasst (TH-Anteil: 266.413 EUR). Es wird ein umfassendes Paket von Maßnahmen wie z.B. Personalaustausch, Expertenbesuche, kurzfristige Schulungen vor Ort oder über Internet, Workshops, Teilnahme an Konferenzen, Organisation gemeinsamer Aktivitäten in der Art von Sommerkursen (summer schools), Informationsweitergabe und Öffentlichkeitsarbeit unterstützt.

Dies ist ein Erfolg für das *SPOTSeven* Lab der TH Köln, da die EU mehrfach in der Ausschreibung unterstreicht, dass nur in dem Fachbereich international führende Hochschulen und Forschungseinrichtungen als „Mentoren“ für andere Hochschulen ausgewählt werden. Das *SPOTSeven* Team, in dem aktuell acht Doktoranden arbeiten, genießt internationale Reputation und ist äußerst erfolgreich bei der Einwerbung von Drittmitteln.

3.2.8 IMProvT — Intelligente Messverfahren zur Prozessoptimierung von Trinkwasserbereitstellung und Verteilung

Förderkennzeichen 03ET1387A

Laufzeit 1.12.2015 - 30.11.2018

Fördervolumen 590.445,00 EUR

Förderlinie Anwendungsorientierte nichtnukleare FuE im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung im Förderbereich: Energieeffizienz in Industrie und Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie

Projektpartner Prof. T. Bartz-Beielstein (TH Köln), Dr. Andreas Korth (DVGW-Technologiezentrum Wasser, Dresden), Dr. Andreas Nahrstedt (IWW), Dr. Uwe Weiss (Thüringer Fernwasserversorgung), Dr. Matthias Veit (Landeswasserversorgung Stuttgart), Dr. Achim Gahr (Endress+Hauser Conducta), Dr. Dieter Wonka (Aggerverband), Prof. Dr. Boris Naujoks (TH Köln)

Projektleitung Prof. Dr. Michael Bongards (TH Köln)

Kurzbeschreibung Das Projekt IMProvT (Intelligente Messverfahren zur Prozessoptimierung von Trinkwasserbereitstellung und Verteilung) behandelt die Gewinnung und Nutzung mehrdimensionaler Prozessdaten zur energie- und ressourceneffizienten Optimierung und Prozesssteuerung bei der Trinkwasseraufbereitung. Zentraler Ansatzpunkt ist die Erzeugung kunden- und betriebsoptimierter Informationen sowie die Anpassung der einzelnen Trinkwasserprozessschritte bzw. des Netzmanagements an die aktuelle Situation auf Basis von Computational Intelligence (CI) - Methoden. Dies ermöglicht einen stabilen und energieeffizienten Betrieb des Gesamtsystems. Darauf aufbauend lassen sich folgende Projektziele konkretisieren:



Abbildung 3.22 – Andreas Fischbach, Martin Zaefferer und Prof. Bartz-Beielstein mit Studierenden des internationalen Masterstudiengangs Informatik.

- Entwicklung von Entscheidungshilfen und Tools für eine energieoptimierte Trinkwasserproduktion und –verteilung unter Nutzung von CI-Methoden.
- Optimierung des Messgeräteinsatzes in der Trinkwasserprozesskette von der Gewinnung bis zur Verteilung (Positionierung, Parameterspektrum, Stör- und Drift- und Ausfallerkennung), um die Generierung der relevanten Daten zu ermöglichen.
- Anpassung und Einsatz von CI-Methoden zur Überwachung der Qualität des Rohwassers sowie der einzelnen Prozessschritte der Aufbereitung, um Prozessstörungen und Qualitätsbeeinträchtigungen schnell detektieren zu können (Qualitätsampel), um somit Energie und Ressourcen bei der Aufbereitung einsparen zu können.
- Anpassung und Einsatz von CI-Methoden zur Überwachung der Trinkwasserqualität im Verteilungssystem zur schnellen Erfassung von Einträgen in das Netz sowie zur Optimierung der Netzfahrweise im Hinblick auf die Vermeidung der Anreicherung von Ablagerungen. Dadurch Vermeidung von energie- und ressourcenintensiven Netzspülungen.

Ziel des Projekts *IMProvT* ist die Überführungen und Anpassung mehrdimensionaler CI-Verfahren in den Bereich Trinkwasser. Derartige Verfahren basieren auf den Daten eines Messnetzwerkes, also einer Multi-Parameter Sensorik und ermöglichen darauf aufbauend die Ableitung von Handlungsempfehlungen, die einen energieoptimierten Betrieb des Netzes ermöglichen. Durch Anwendung moderner und zukunftsweisender Analyseverfahren auf die bei der Produktion und Verteilung von Trinkwasser generierten Daten (Big Data) werden deutlich bessere Simulationen und Prognosen ermöglicht.

3.3 Abgeschlossene Projekte

3.3.1 FIWA – Methoden der Computational Intelligence für Vorhersagemodelle in der Finanz- und Wasserwirtschaft

Förderkennzeichen 17N2309

Laufzeit 1.6.2009 - 31.11.2012

Fördervolumen 258.424,00 €

Förderlinie „Ingenieurnachwuchs an Fachhochschulen (IngenieurNachwuchs)“ 2011 im Rahmen des Programms „Forschung an Fachhochschulen“



Abbildung 3.23 – Forschendes Lernen in der Lehrveranstaltung Qualitätsmanagement (Münster, Bartz-Beielstein).

Projektpartner Dortmund Intelligence Project (DIP) GmbH, TU Dortmund, Quaesta Capital GmbH, Technische Werke Emmerich GmbH

Projektleitung, Wissenschaftlicher Mitarbeiter Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Oliver Flasch

Kurzbeschreibung Ziel des Projekts FIWA war die Entwicklung modularer Systeme zur Analyse und Prognose von Daten aus der Finanz- und Wasserwirtschaft mittels Verfahren der Computational Intelligence. Schwerpunktmäßig wurde dabei Genetic Programming eingesetzt.

3.4 Industriepartner

Mit den folgenden Unternehmen wurden Forschungsprojekte, Case-Studies oder Abschlussarbeiten durchgeführt.

- Steinmüller Engineering GmbH, Gummersbach
- GreenPocket GmbH, Köln
- Quaesta Capital GmbH, Frankfurt
- Dortmund Intelligence Project GmbH, Dortmund
- VOSS Automotive GmbH, Wipperfurth
- SMS Siemag AG, Hilchenbach
- Opitz Consulting GmbH, Gummersbach



Abbildung 3.24 – Forschendes Lernen. Handys wurden zur Zeitmessung eingesetzt.

- Endress+Hauser Conducta GmbH + Co. KG, Groß-Umstadt
- Bosch Thermotechnik GmbH, Wernau und Lollar
- Enotec GmbH, Marienheide
- Bertrandt Ingenieurbüro GmbH, Hamburg
- Evolved Analytics, LLC, Midland, USA
- JMP – Statistical Discovery from SAS, SAS Institute GmbH, Böblingen
- Industrie- und Handelskammer zu Köln, Zweigstelle Oberberg, Gummersbach
- Vossloh Fastening Systems GmbH, Werdohl
- Bühler GmbH, Bergneustadt
- Unitechnik Systems GmbH, Wiehl

4 Promotionen und Abschlussarbeiten

4.1 Doktoranden

Das *SPOTSeven* Doktorandenseminar wurde vor fünf Jahren ins Leben gerufen. Freitags von 10 bis 17 Uhr werden aktuelle Forschungsfragen mit den Doktorandinnen und Doktoranden besprochen. Zwei Doktoranden berichten in jeder Sitzung über den aktuellen Stand ihrer Promotionen. Gastvorträge international bekannter Forscher sowie von Doktoranden von anderen Hochschulen finden regelmäßig statt. Das Doktorandenseminar findet weit über die Grenzen unserer Hochschule hinaus Beachtung. Es bietet exzellente Möglichkeiten für die Qualifizierung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der *TH Köln* in kooperativen Promotionsvorhaben.

Der Fakultätsrat Informatik der *TU Dortmund* hat in den Jahren 2013 und 2015 Anträge von Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein zur Feststellung der *besonderen wissenschaftlichen Befähigung zur Co-Betreuung von Promotionsverfahren* (Oliver Flasch, Beate Breiderhoff, Martin Zaefferer) einstimmig genehmigt. Mitglieder des *SPOTSeven* Teams promovieren momentan an drei Universitäten (*TU Dortmund*, *Vrije Universiteit Amsterdam* und *Universiteit Leiden*).

Dr.-Ing. Oliver Flasch wurde 2015 an der Technischen Universität Dortmund promoviert. Seine Forschungen befassen sich mit skalierbaren Methoden zur automatischen Erzeugung mathematischer Modelle auf Basis von Messdaten („symbolische Regression durch Genetische Programmierung“). Unter den vier Mitgliedern der Promotions-Prüfungskommission war Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein als Gutachter und vollwertiges Mitglied vertreten. Damit wurde das neue deutsche Promotionsrecht erstmals auch auf einen Doktoranden vom Campus Gummersbach der *TH Köln* angewandt.

Dipl.-Inform. Martina Frieze Martina Frieze promoviert in Kooperation mit der Universität Leiden. Ihre Forschungsschwerpunkte beinhalten Surrogatmodellierung und moderne Optimierungsverfahren wie beispielsweise Sequentielle Parameter Optimierung (SPO). Sie studierte Informatik an der TU Dortmund und arbeitete einige Jahre als Software Engineer bei der adesso AG. Seit 2010 ist sie Mitglied des *SPOTSeven* Teams.



Abbildung 4.1 – Prof. Bartz-Beielstein erläutert die Struktur des *SPOTSeven* Doktorandenseminars.



Abbildung 4.2 – Diskussion im *SPOTSeven* Doktorandenseminar.



Abbildung 4.3 – Oliver Flasch, der von Anfang an äußerst erfolgreich beim Aufbau des *SPOTSeven* Labs mitgearbeitet hat und der die ersten Forschungsprojekte eingeworben und geleitet hat, schloss sein Promotionsvorhaben in der letzten Woche an der Fakultät Informatik der TU Dortmund ab.



Abbildung 4.4 – Überreichung des Doktorhuts durch den Dekan der Fakultät 10, Prof. Dr. Christian Averkamp.



Abbildung 4.5 – Arbeitsfrühstück im *SPOTSeven* Lab nach der Promotionsfeier.



Abbildung 4.6 – Prof. Dr.-Ing. Klaus Becker im Gespräch mit Doktoranden des *SPOTSeven* Doktorandenseminars.

Dipl.-Inform. Andreas Fischbach Andreas Fischbach arbeitete nach seinem Studium der Informatik an der *TU Dortmund* zunächst für einige Jahre als Software Engineer. Er besitzt Projekterfahrungen durch seine Tätigkeiten bei der adesso AG und bei Remondis Assets & Services GmbH & Co. KG. Seit April 2013 ist er Mitglied der Arbeitsgruppe *SPOTSeven*. Seine Forschungsschwerpunkte umfassen Themen der Sequentiellen Parameter Optimierung sowie die statistische Versuchsplanung.

Dipl.-Ing. Christian Jung Christian Jung ist Doktorand an der *TH Köln*. Zur Zeit führt er eine Dissertation in Kooperation mit der Technischen Universität Dortmund durch. Seine Forschungsinteressen beinhalten Prozessoptimierungen und Modellierungen von komplexen Problemen aktueller Industrieprozesse. Christian hat Elektrotechnik an der TU Darmstadt studiert und arbeitet derzeit bei der SMS Siemag AG. Er hat sich dem *SPOTSeven* Team 2011 angeschlossen.

M.Sc. Dipl.-Inform. (FH) Beate Breiderhoff Beate Breiderhoff hat langjährige Lehrerfahrung im Bereich Angewandte Mathematik und fundiertes Hintergrundwissen in höheren Programmiersprachen und Computeralgebra-Systemen. 2006 erhielt sie ihren Master-Abschluss an der *FH Köln* und promoviert derzeit in Kooperation mit der TU Dortmund. Ihre Forschungsinteressen beinhalten Optimierung und numerische Berechnungen. Frau Breiderhoffs Arbeit ist motiviert von der Zusammenarbeit zwischen Mathematikern, Informatikern und Ingenieuren. Sie gehört seit 2011 zum *SPOTSeven* Team und entwickelt zurzeit Optimierungsverfahren für Umwelttechnik und Energielieferanten.

M. Eng. Martin Zaefferer Martin Zaefferer ist seit 2009 wissenschaftlicher Mitarbeiter der FH Köln in der Arbeitsgruppe *SPOTSeven*. Nach seinem Diplom (FH Köln, Elektrotechnik)



Abbildung 4.7 – Der Dekan der Fakultät 10, Prof. Averkamp, im Gespräch mit Doktoranden des *SPOTSeven* Doktorandenseminars.

studierte er von 2010 bis 2012 im Masterprogramm *Automation & IT*. Im Rahmen seiner Forschungsarbeit promoviert er derzeit in Kooperation mit der TU Dortmund. Seine Forschungsinteressen beinhalten Computational Intelligence, Data Mining, Sequential Parameter Optimization sowie generell Optimierungsmethoden mit Anwendungen in der Industrie. Er ist ein erfahrener Programmierer mit besonderem Schwerpunkt in den Sprachen R und Matlab.

M. Eng. Jörg Stork Jörg Stork ist seit 2009 Teil des *SPOTSeven* Teams und arbeitet momentan als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der *TH Köln*. Er hat einen Bachelor-Abschluss im Bereich Elektrotechnik mit Fokus auf Automatisierung (*TH Köln*) nachfolgend den internationalen Master-Studiengang Automation & IT an der *TH Köln* besucht, den er 2013 abschloss. Momentan promoviert er in Kooperation mit der Freien Universität Amsterdam. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich der Genetischen Programmierung, Parameter Optimierung und modernen Methoden zur Zeitreihenanalyse und Klassifikation. Er ist ein erfahrener Programmierer mit starken Hintergrund in C und R.

M. Sc. Steffen Moritz Steffen Moritz arbeitete bis Ende 2015 als Doktorand bei der *Bosch Thermotechnik*, wobei die wissenschaftliche Betreuung seiner Dissertation durch das *SPOTSeven* Team erfolgte. Zum Jahresende 2015 wechselte er ins *SPOTSeven* Team. Seinen Master-Abschluss hat er 2013 an der Technischen Hochschule Mittelhessen in Gießen erlangt. Er hat bereits erfolgreich auf dem Gebiet der Datenanalyse und des Data-Minings gearbeitet. So hat er u.a. den zweiten Platz beim Data-Mining-Cup 2012 erzielt. Seit März 2013 arbeitet er im *SPOTSeven* Team.

M.Sc. Margarita Rebollo promoviert in Kooperation mit der Freien Universität Amsterdam.



Abbildung 4.8 – Dezember 2014. Weihnachtessen des *SPOTSeven* Teams. Martin Zaefferer, Jörg Stork, Olaf Mersmann, Thomas Bartz-Beielstein, Andreas Fischbach, Christian Jung, Oliver Flasch, Stefanie Raupach, Margarita Rebollo, Quoc Cuong Pham, Beate Breiderhoff, Boris Naujoks.



Abbildung 4.9 – Einladung nach Brüssel. Prof. Dr. Bartz-Beielstein wurde vom DAAD als Referent für das in Brüssel stattfindende europäische Expertenseminar „Dual Learning – Combining Practice-Orientated and Theoretical Learning in Higher Education“ eingeladen.



Abbildung 4.10 – Einladung nach Brüssel. Im Rahmen dieses Seminars wurden ca. 25 europäische Experten (insbesondere Vertreter aus den Ministerien der EU Mitgliedstaaten und der Ständigen Vertretungen in Brüssel) zusammenkommen, um sich zu den unterschiedlichen Formen der aus Praxis und Theorie kombinierten Studienprogrammen auszutauschen.

Ihre Forschungsinteressen liegen im Bereich der Bayeschen Modellierung und Optimierung. Sie arbeitet seit 2014 im *SPOTSeven* Team in mehreren Forschungsprojekten, u.a. mit der *Enotec GmbH*.

4.2 Gutachtertätigkeiten, Mitgliedschaften in Promotionskomitees

4.2.1 Kooperationen im Rahmen von Promotionen

Mit den folgenden Universitäten werden gemeinsame Promotionsvorhaben betreut:

Technische Universität Dortmund Mit dem Lehrstuhl Algorithm Engineering (Prof. Dr. Günter Rudolph) besteht seit Jahren eine enge Zusammenarbeit. Kernelemente dieser Zusammenarbeit sind die kooperative Betreuung von Promotionen, die gegenseitige Unterstützung bei Forschungsprojekten, die gemeinsame Organisation von Workshops und Konferenzen sowie der fachliche Austausch (gegenseitiger Besuch und Vorträge in den Seminaren).

Universität Amsterdam (Niederlande) Momentan werden zwei kooperative Promotionen (Prof. Dr. Gusz Eiben) durchgeführt. Diese Zusammenarbeit findet in beide Richtungen statt: Einerseits wirkt Prof. Dr. Bartz-Beielstein als Mitglied in Promotionskomitees von Promovenden der Universität Amsterdam mit, andererseits können Doktoranden des *SPOTSeven* Labs ihren Ph.D. an der *Vrije Universiteit Amsterdam* erhalten. Aktuell wird eine Erasmus+ Kooperation des DAAD vorbereitet.

Universität Leiden (Niederlande) Seit dem Jahre 2011 besteht eine Kooperation des „Leiden Institute of Advanced Computer Science“ der Universität Leiden mit der Fakultät für



Abbildung 4.11 – Besuch in Amsterdam. Margarita Rebolledo und Jörg Stork tauschen sich mit Omer Ergul, einem Mitarbeiter aus Prof. Dr. Gusz Eibens Forschungsgruppe an der *Vrije Universiteit Amsterdam*, über Optimierungsmöglichkeiten beim 3D-Druck aus.



Abbildung 4.12 – Prof. Dr. Gusz Eiben erklärt zwei Journalisten seine Forschungsergebnisse, die in der Zeitschrift *nature* unter dem Titel „From evolutionary computation to the evolution of things“ veröffentlicht wurden.



Abbildung 4.13 – Prof. Dr. Gusz Eiben in seinem Forschungslab an der *Vrije Universiteit Amsterdam*.

Informatik und Ingenieurwissenschaften der *TH Köln*. Im Rahmen dieser Kooperation besuchte die *Studienvereinigung De Leidsche Flesch* der Universität Leiden im Januar 2015 die *TH Köln*. De Leidsche Flesch ist eine Studienvereinigung für Studierende der Naturwissenschaften, Mathematik, Astronomie und Informatik, die 1923 gegründet wurde. Die Studienvereinigung unternimmt jedes Jahr eine Studienreise zu wechselnden europäischen Orten, die von wissenschaftlichem Interesse sind. Gemeinsam mit Frau Martina Brüderle vom International Office der *TH Köln*, Prof. Dr. Kurtz (Fakultät für Informatik und Ingenieurwesen) sowie Prof. Dr. Stollenwerk (Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion) organisierte Prof. Dr. Bartz-Beielstein ein fachbezogenes Vortragsprogramm für die Gäste aus Leiden.

Des Weiteren werden kooperative Promotionen durchgeführt. Diese Zusammenarbeit wird in beide Richtungen durchgeführt: Einerseits wirkte ich als Mitglied im Promotionskomitee eines Promovenden der *Universiteit Leiden* mit (Ron Breukelaar, 2010), andererseits ist eine Doktorandin aus meiner Arbeitsgruppe in Leiden als Ph.D. Studentin eingeschrieben (Martina Friese).

Ebenso wie die Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Günter Rudolph basiert die Kooperation mit Prof. Dr. Thomas Bäck auf einem langjährigen Kontakt und geht über die gemeinsame Betreuung von Promotionsvorhaben hinaus.

Jozef Stefan Institute, Ljubljana (Slowenien) . Gemeinsam mit Prof. Dr. Bogdan Filipic aus der Computational Intelligence Group des Department of Intelligent Systems arbeitet das *SPOTSeven* Team in dem von der EU in der Förderlinie Horizon 2020 bewilligten Forschungsprojekt Synergy. Prof. Dr. Bartz-Beielstein war im Jahre 2014 Gutachter und Mitglied des Promotionskomitees von Dr. Tea Tusar.

Universität Ionina (Griechenland) Momentan wird der Doktorand Vassileios Tatsis von Prof. Dr. Parsopulos und Prof. Dr. Bartz-Beielstein betreut. Im Jahre 2015 wurde eine DAAD Erasmus+ Kooperation abgeschlossen.

Universität Craiova (Rumänien) Im Jahre 2015 wurde eine DAAD Erasmus+ Kooperation abgeschlossen, um den bereits seit 2008 bestehenden Kontakt mit Dr. Ruxandra Stoean



Abbildung 4.14 – Eintreffen der Studiengruppe „De Leidsche Flesch“ der *Universiteit Leiden*. Die Studienvereinigung wurde von Frau Martina Brüderle (International Office) in Empfang genommen.



Abbildung 4.15 – Prof. Dr. Bartz-Beielstein erläutert die Forschung an der *TH Köln* vor den Studierenden der Uni Leiden. Den niederländischen Gästen wurde ein fachbezogenes Vortragsprogramm geboten.



Abbildung 4.16 – Gruppenfoto mit den Studienrenden aus Leiden. Rechts im Bild sind Prof. Dr. Kurtz (Fakultät für Informatik und Ingenieurwesen) sowie Prof. Dr. Stollenwerk (Fakultät für Fahrzeugsysteme und Produktion) zu sehen.



Abbildung 4.17 – *SPOTSeven* Doktorandenseminar. Zufriedene Gesichter nach einer langen Diskussion mit dem Vizepräsidenten für Forschung und Wissenstransfer der *TH Köln*, Prof. Dr.-Ing. Klaus Becker.



Abbildung 4.18 – Margarita Rebolledo, Jörg Stork und Prof. Dr. Gusz Eiben. Besuch der *Vrije Universiteit Amsterdam* im Sommer 2015.



Abbildung 4.19 – ABC Treffen. Vertreter der Universitäten aus Aachen, Bonn und (C)Köln.

und Dr. Catalin Stoean fortzuführen. Bei beiden Forschern war Prof. Dr. Bartz-Beielstein Mitglied des Promotionskomitees.

Universität Tilburg (Niederlande) Mit Prof. Dr. Jack Kleijnen besteht seit 2007 ein reger Austausch. Von dieser Zusammenarbeit profitieren auch Master- und Promotionsstudenten. Dr. Katya Vladislavleva promovierte bei Dr. Kleijnen und war anschließend von 2011 - 2013 als Postdoktorandin im *SPOTSeven* Team tätig. Prof. Dr. Kleijnen wurde 2008 der Orden vom Niederländischen Löwen (höchster zivile Verdienstorden in den Niederlanden) von der Königin verliehen.

Kobe Institute of Technology (Japan) Bei der Kooperation mit dem Kobe Institute of Technology handelt es sich um die erste Kooperation der Fachhochschule mit einer japanischen Hochschule. Neben der Einrichtung von Double Degrees wird der Austausch von Studierenden und Lehrenden sowie die Zusammenarbeit in der Forschung angestrebt. Der kulturelle Austausch spielt zudem eine wichtige Rolle bei dieser Kooperation. Diese Kooperation trägt maßgeblich zur internationalen Reputation unserer Hochschule bei. Am 9.12.2010 wurde eine Kooperationsvereinbarung (Agreement on Academic Cooperation between Cologne University of Applied Sciences, Department of Computing and Kobe Institute of Computing, Department of Information Systems) unterzeichnet.

Universität Gent (Belgien) Mit Prof. Dr. Tom Dhaene besteht ein intensiver wissenschaftlicher Austausch, u.a. durch Unterstützung bei der Beantragung von Forschungsvorhaben oder bei der Durchführung von Workshops. So nahmen Wissenschaftler von *Universiteit Gent* an dem *SPOTSeven* Workshops teil. Momentan befindet sich ein Humboldt-Forschungsstipendium für Postdoktoranden in der Beantragung, um einem Postdoktoranden aus Gent einen Forschungsaufenthalt im *SPOTSeven* Lab zu ermöglichen.

Universität Warwick (UK) Mit Prof. Dr. Jürgen Branke arbeitet Prof. Dr. Bartz-Beielstein seit dem Jahre 2004 intensiv zusammen. Es wurden gemeinsam Abschlussarbeiten betreut

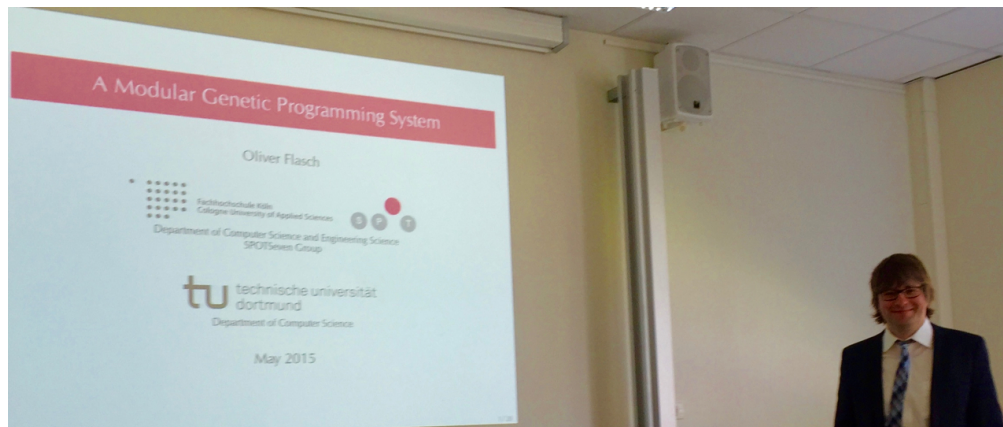


Abbildung 4.20 – Oliver Flasch trägt an der *TU Dortmund* vor. Seine Dissertation mit dem Titel „A Modular Genetic Programming System“ behandelt die Entwicklung einer modular gestalteten Softwareumgebung für derartige Optimierungssysteme.

und Publikationen veröffentlicht. Im Jahre 2013 besuchte Martina Frieze die *University of Warwick*, um Forschungsarbeiten für ihre Promotion durchzuführen. Promovenden aus Warwick nutzen die Software SPOT. Im Jahre 2013 war Prof. Dr. Bartz-Beielstein Mitglied des Promotionskomitees von Jawal Elomari an der *University of Warwick*.

4.2.2 Promotionsvorhaben

Prof. Dr. T. Bartz-Beielstein war (bzw. ist) Mitglied der „Ph.D. Theses Committees“ bei den folgenden Promotionen.

1. Babes-Bolyai University, Rumänien: Ruxandra Stoean (2008). Evolutionary Computation. Application to Data Analysis and Machine Learning
2. Babes-Bolyai University, Rumänien: Catalin Stoean (2008). New Evolutionary Techniques in Multi-modal Optimization
3. Vrije Universiteit Amsterdam, Niederlande: Volker Nannen (2009). Evolutionary Agent-Based Policy Analysis in Dynamic Environments
4. Universiteit Leiden, Niederlande: Ron Breukelaar (2010). Interaction and Evolutionary Algorithms
5. Mid Sweden University, Schweden: Mitglied des „Licentiate Thesis Committees“ bei der Promotion von Felix Dobslaw (2011). Automatic Instance-based Tailoring of Parameter Settings for Metaheuristics
6. Vrije Universiteit Amsterdam, Niederlande: Selmar Smit (2012). Parameter Tuning and Scientific Testing in Evolutionary Algorithms
7. Warwick Business School, University of Warwick, Großbritannien: Jawal Elomari (2013). Efficient Learning Methods to Tune Algorithm Parameters
8. Jozef Stefan International Postgraduate School Ljubljana, Slowenien: Tea Tusar (2014). Visualizing Solution Sets in Multiobjective Optimization



Abbildung 4.21 – Verleihung des AVEA Umweltpreises an Syed Aley Ali Zaidi. Die ausgezeichnete Master-Arbeit wurde bei *Steinmüller Engineering GmbH* durchgeführt und beschreibt die Entwicklung eines parametrischen CFD-Modells für Staubabscheider.

9. Computational Intelligence Group, Vrije Universiteit Amsterdam: Giorgos Karafotias (voraussichtlich 2016). Parameter Control for Evolutionary Algorithms
10. University of Ioannina, Greece: Vassileios Tatsis. Parallel Computational Optimization Algorithms and Modeling (Ph.D. Thesis in Bearbeitung).

4.3 Praxisprojekt- und Abschlussarbeiten

4.3.1 Förderpreise und Auszeichnungen

Im Berichtszeitraum erhielten die im *SPOTSSeven* Lab betreuten Absolventen die folgenden Förderpreise:

AVEA-Förderpreis Syed Aley Ali Zaidi erhielt 2015 den AVEA-Förderpreis für Abschlussarbeiten im Umweltschutz. Thema der in englischer Sprache verfassten Master-Arbeit ist die Entwicklung eines parametrischen CFD-Modells für Zyklon-Staubabscheider, dessen Dokumentation und Validierung anhand existierender Modelle und existierender experimenteller Ergebnisse. Zyklon-Staubabscheider sind Anlagen, die beispielsweise zur Rauchgasreinigung in Großkraftwerken eingesetzt werden. Eine Optimierung dieser Anlagen birgt ein großes Potential zur Vermeidung von Emissionen und zur Steigerung der Energieeffizienz. Für die Optimierung sind exakte Modelle erforderlich. Hier setzt die Arbeit von Herrn Zaidi an.

DVGW Studienpreis Andres Zambrano Garcia erhielt 2015 den Studienpreis des Deutschen Vereins des Gas- und Wasserfaches e.V. Seine Masterarbeit zeigt für die Heiztechnik auf, wie im Zeitalter der Digitalisierung und Vernetzung kontinuierlich erfasste Nutzungs- und Anlagendaten zur Optimierung zum Beispiel von Heizungsanlagen beitragen. Dazu werden bestehende Verfahren im Bereich des maschinellen Lernens und der Datenanalyse auf reale Gasheizungsanlagen-Daten angewendet. Die Ergebnisse der Arbeit zeigen im Umfeld vernetzter Heizthermen außerordentliches Potenzial für eine Anwendung in der Praxis. Die Arbeit wurde von Steffen Erkel (Bosch Thermotechnik) und Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein betreut. Andres Zambrano Garcia hat an der TH Köln im englischsprachigen



Abbildung 4.22 – Verleihung des DVGW Studienpreises an Andres Zambrano. Der Deutsche Verein des Gas- und Wasserfaches (DVGW) hat am 26. Oktober 2015 auf seinem Jahreskongress gat 2015 in Essen vier herausragende akademische Arbeiten im Bereich Gas prämiert. Der Studienpreis Gas ist mit insgesamt 5.000 Euro dotiert. A. Zambrano hat mit seiner Masterarbeit an der TH Köln, Campus Gummersbach, in Zusammenarbeit mit *Bosch Thermotechnik* ein aktuelles, innovatives Thema des Gasfachs bearbeitet.

Masterstudiengang Automation & IT studiert und während seines Studiums an Case-Studies teilgenommen, die gemeinsam von *Bosch Thermotechnik* und dem *SPOTSeven* Lab unter Leitung von Prof. Bartz-Beielstein durchgeführt wurden.

Studienabschluss Stipendium Andres Zambrano Garcia (2015)

FESTO-Bildungspreis Frederik Rehbach (2015).

Steinmüller-Engineering Förderpreis Die Steinmüller-Engineering GmbH möchte die Ausbildung von Führungsnachwuchskräften der *TH Köln*, Campus Gummersbach, fördern. Insbesondere Absolventinnen und Absolventen von Masterstudiengängen und kooperativen Promotionsverfahren, die innovative Themen mit herausragendem Ergebnis bearbeitet haben, sollen gefördert werden.

Studienfonds Oberberg Der Studienfonds ist im Rahmen der „Initiative Wachstum“ der Industrie- und Handelskammern Köln und Bonn entstanden und wurde vom Oberbergischen Kreis umgesetzt. Dieser will gemeinsam mit der *TH Köln*, Campus Gummersbach, dem Förderverein und der Industrie- und Handelskammer zu Köln, Geschäftsstelle Oberberg, Oberberg als Studien- und Wirtschaftsstandort stärken.

Der Studienfonds bietet besonders kleinen und mittelständischen Unternehmen die Chance, künftigen Fach- und Führungskräftenachwuchs frühzeitig kennenzulernen. Gleichzeitig bietet



Abbildung 4.23 – Urkundenübergabe Studienfonds Oberberg. Rechts im Bild ist Michael Sallmann, Leiter der Geschäftsstelle Oberberg der IHK Köln, zu sehen.

das Stipendium Studierenden die Möglichkeit, in den Dialog mit renommierten regionalen Unternehmen zu treten.

4.3.2 Arbeiten im Berichtszeitraum

1. Frederik Rehbach: Entwicklung eines Evolutionären Algorithmus zur Wegfindungs- und Durchsatzoptimierung innerhalb eines dynamischen Europalettenumlaufs. Bachelorarbeit. (*Unitechnik Systems GmbH*)
2. Gomivar Nader: Dimensionierung von Staubabscheidern. Bachelorarbeit
3. Matthias Rodtmann: Parameteranalyse unterschiedlicher Rütteltechnologien bei der Schokoladenherstellung. Bachelorarbeit. (Bühlergroup)
4. Andres Zambrano Garcia: Time Series Clustering For Heating Data. Masterarbeit. (*Bosch Thermotechnik*)
5. Thomas Nöthen. Weiterentwicklung eines Prozessstandards für die Herstellung thermoplastischer Kunststoffteile auf Basis statistischer Methoden der Qualitätssicherung. Bachelorarbeit. (Vossloh Fastening Systems GmbH)
6. Aaron Reiher: Restriktionsbehandlung für evolutionäre Algorithmen. Praxissemesterarbeit.
7. Bhaumik Pandya: Finding relationships between burner-start-up sequences and occurrence of errors in heating systems using frequent pattern mining. Masterarbeit. (*Bosch Thermotechnik*)



Abbildung 4.24 – Prof. Dr. Gusz Eiben (*Vrije Universiteit Amsterdam*) im Gespräch mit Jörg Stork. Abstimmung der Inhalte der Dissertation.



Abbildung 4.25 – Absolventenfeier an der *TH Köln*. Übergabe der Masterurkunde an Andres Zambrano.

4.3.3 Weitere Arbeiten

1. *Visualisierung von Analyseergebnissen im Bereich Big Data*. Viktoria Schaale. Praxissemesterprojekt. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Steffen Erkel (*Bosch Thermotechnik*). Juli 2014.
2. *Vergleich verschiedener Verfahren zur Optimierung der Produktionsreihenfolge unter technologischen Restriktionen am Beispiel einer Wärmebehandlungsanlage*. Fabian Witsch. Masterarbeit. 14.2.2014. Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Jelali, Prof. Dr. Bartz-Beielstein
3. *Data Analysis and Forecasting Methods for Heating, Ventilation and Air Conditioning Systems*. Jörg Stork: 13.9.13. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Monika Scherer (*Bosch Thermotechnik*).
4. *Development of a Forecasting Model for Domestic Hot Water Systems*. Margarita Rebelledo: 4.10.2013. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Monika Scherer (*Bosch Thermotechnik*).
5. *Datamining in networked HVAC (heating, ventilation and air condition) systems: Implementation of test systems for data logging, data transfer via internet and data storage. Application and development of new data analysis methods*. Narendhran Chinnappa Subramoniam (Master AIT): 27. Juni 2013. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Monika Scherer (*Bosch Thermotechnik*).
6. *Event Detection Software for Water Quality Monitoring (CANARY)*. Martin Zaefferer. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Wolfgang Konen. Preisträger im FESTO-Förderpreis 2012 und Ferchau-Förderpreis 2012.
7. *Vergleich der Performanz von ein- und mehrkriteriellen Optimierungsverfahren für Symbolische Regression*. Tobias Brandt. 13.4.2012. Allgemeine Informatik. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Erich Ehses.
8. *Algorithmic Stock Trading as A Real World Test Problem for Time Series Prediction Methods*. Saad Al-baddai: Kolloquium 6.4.2012, Studiengang Master AIT. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Hartmut Westenberger.
9. *Requiements and Potential Analysis of Data Mining Techniques for Managements of Universities*. Karema Al-subari: Kolloquium 6.4.2012, Studiengang Master AIT. Betreuer: Prof. Dr. Hartmut Westenberger, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
10. *Using C functions to accelerate high-level language GP systems—an experimental study*. Jörg Stork. Bachelor Elektrotechnik. 19.12.2012.
11. *Modulare Weiterentwicklung einer bestehenden Software-Verifizierungsapplikation für die automatische Überprüfung von CATIA V5 Lagengeometrien hinsichtlich des Automatic Fibre Placements*. Philip Haussmann. Abschlussarbeit. Industriepartner: Bertrandt Ingenieurbüro GmbH. Datum 14.6.2011
12. *Optimierung von Fertigungsprozessen beim Automatic Fibre Placement*. Praxissemesterprojekt. Philip Haussmann. Industriepartner: Bertrandt Ingenieurbüro GmbH. Datum 3.2.2011.
13. *Simulation und Optimierung von Biogasanlagen mit Methoden der Computational Intelligence*. Martin Zaefferer. Diplomarbeit. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Michael Bongards. 2010. Erzquell Förderpreis.

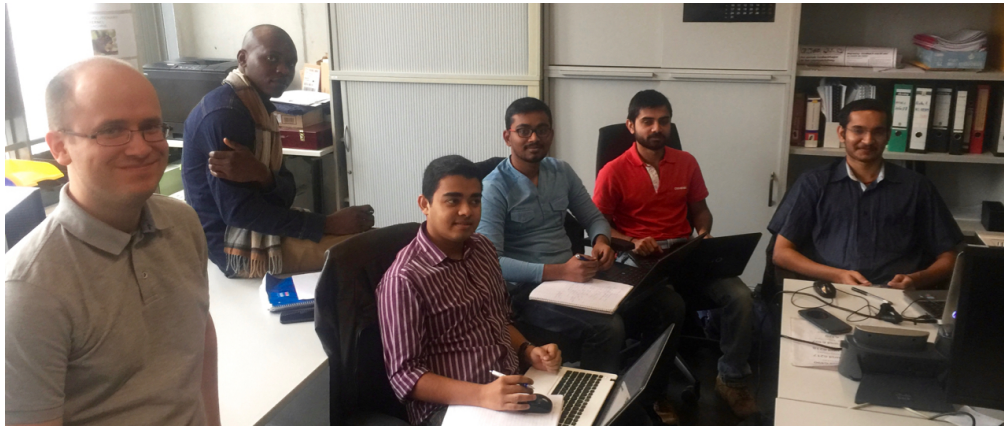


Abbildung 4.26 – Besprechung mit Master-Studenten. *SPOTSeven* Mitarbeiter sind auch in die Lehre eingebunden. Links im Bild: Martin Zaefferer.



Abbildung 4.27 – Besprechung mit Master-Studenten. *SPOTSeven* Mitarbeiter sind auch in die Lehre eingebunden. Rechts im Bild: Jörg Stork.

14. *DA Erstellung einer GUI für die Optimierungssoftware SPOT.* Tobias Zimmer. Diplomarbeit. Betreuer: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Wolfgang Konen. Preisträger im FESTO-Förderpreis 2009. 14.9.2009.
15. *Einsetzbarkeit maschineller Lernverfahren für Fraud Detection in der Telekommunikation.* Thomas Boddenberg. Betreuer: Prof. Dr. Hartmut Westenberger, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Dezember 2009
16. *GERT Netzwerke.* Nils Wiemann. Diplomarbeit TU Dortmund. Betreuer: Prof. Dr. Günter Rudolph, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. April 2008
17. *Rauschen und Master-Slave-Strategien im Gefangenendilemma.* Simon Steeg. Diplomarbeit TU Dortmund. Betreuer: Prof. Dr. Günter Rudolph, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Dezember 2006.



Abbildung 4.28 – Vortrag Giorgos Karafotias, Doktorand an der *Vrije Universiteit Amsterdam*, trägt im *SPOTSeven* Doktorandenseminar über Parameteroptimierung vor.



Abbildung 4.29 – Ruxandra Stoean trägt über „Computational Intelligence for Medical Decision Support“ im *SPOTSeven* Doktorandenseminar vor.

4.4 Gastvorträge im SPOTSeven Doktorandenseminar

Es finden regelmäßig Vorträge renommierter Forscher statt. Unter anderem haben die folgenden Forscher im Kolloquium Vorträge gehalten:

1. M. Sc. Sebastian Zareba, Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, TH Köln. (2014)
2. Dr. Jörn Mehnen, Cranfield University, UK. (2014)
3. Prof. Dr. Jack P.C. Kleijnen, Department of Information Management / CentER, Tilburg University, the Netherlands. (2014)
4. Patryk Filipiak, Institute of Computer Science, University of Wroclaw, Poland. (2015)
5. Giorgos Karafotias, Computational Intelligence Group, Vrije Universiteit Amsterdam, Niederlande. (2015)

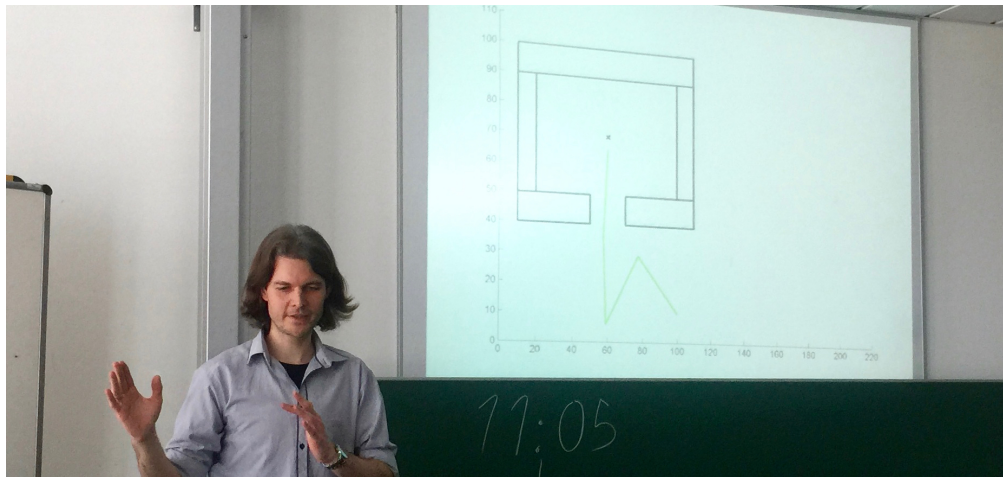


Abbildung 4.30 – Patryk Filipiak trägt im *SPOTSeven* Doktorandenseminar vor. Titel: „Proactive Evolutionary Algorithms in the Dynamic Constrained Optimization Problems“.

6. Dr. Felix Gorschlüter, TU Dortmund. (2015)
7. Prof. Dr. Ruxandra Stoean, University of Craiova. (2015)
8. Prof. Dr. Catalin Stoean, University of Craiova (2015)

5 Konferenzen

5.1 Einladungen

1. Konferenz „Bioinspired Optimization Methods and their Applications“ in Bled, Slowenien (2016), *Keynote Speaker*: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. 2016.

5.2 Organisation und Mitgliedschaft in Programmkomitees

5.2.1 Chair

1. PPSN 2014, Ljubljana, Slowenien. *Program Chair*: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
2. GECCO 2015, Madrid, Spanien: *Evolutionary Computation in Practice Chair*: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.

5.2.2 Organisation (Challenges, Tutorien, Workshops)

Der Wettbewerb auf der GECCO-Konferenz ist eines der zahlreichen Projekte, das vom *SPOTSSeven* Team betreut wird.

1. GECCO 2015, Madrid, Spanien: *Industrial Challenge Organisation*: Martina Frieze, Andreas Fischbach, Thomas Bartz-Beielstein. Juli 2015
2. GECCO 2015, Madrid, Spanien: *Student Workshop Organisation*: Boris Naujoks. Juli 2015

5.2.3 Organisation von Workshops an der TH Köln

In den letzten beiden Jahren wurden drei Workshops zum Thema „Simulation und Optimierung“ an der TH Köln durchgeführt. An den Workshops nahmen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Niederlanden, Belgien sowie von deutschen Universitäten teil. Der erste Workshop fand zum Thema „Metamodellierung“, der zweite und dritte Workshop zum Thema „Computational Fluid Dynamics“ statt.

5.2.4 Mitgliedschaften in Programmkomitees

1. CEC 2014 und 2015: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
2. GECCO 2014, GECCO 2015: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Boris Naujoks.
3. PPSN 2014: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Boris Naujoks, Martina Frieze, Andreas Fischbach, Martin Zaefferer, Jörg Stork, Olaf Mersmann.
4. IEEE Symposium on Computational Intelligence in Production and Logistics Systems (CIPLS) (2014): Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein



Abbildung 5.1 – Bekanntgabe der Gewinner der GECCO Industrial Challenge durch Martina Frieze in Barcelona. Im Rahmen der Konferenz wurde bereits der Sieger, Farzad Noorian von der University of Sydney (Australien)Ha, verkündet. Den zweiten Platz errang ein Team von der Universität Frankfurt, drittbeste Gruppe waren Forscher von der University of Otago, Dunedin in Neuseeland. Mit insgesamt neun teilnehmenden Forschern hatte die Challenge eine gute Resonanz. Bei der Preisverleihung stellte Noorian seine Entwicklung per Videobotschaft vor, da er selber nicht an der Preisverleihung teilnehmen konnte.

Für ihre Aufgabe stand den Teilnehmern eine Sammlung von mehr als 600.000 Daten zur Verfügung. Der von Noorian verwendete Algorithmus wäre auch für andere Prognose-Aufgaben zu verwenden.



Abbildung 5.2 – Die Organisatorin der GECCO Industrial Challenge, Martina Frieze, während der Preisverleihung in Barcelona. Die Wiederherstellung verloren gegangener Betriebsdaten für Heizungsanlagen war Ziel eines internationalen Wettbewerbs auf dem Kongress „Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO)“, der im Juli 2015 in Madrid (Spanien) stattfand. Die Tagung hat jedes Jahr mehr Teilnehmer, in diesem Jahr waren es mehr als 500. Ausgerichtet wurde der Wettbewerb von einem Wissenschaftlerteam unter Federführung von Dipl.-Inform. Martina Frieze und Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.



Abbildung 5.3 – Andreas Fischbach stellt seine Forschungsergebnisse während des CI Workshops in Dortmund vor.



Abbildung 5.4 – Das *SPOTSeven* Team war mit 14 Teilnehmern die größte Arbeitsgruppe während des CI Workshops in Dortmund.

5. Evolutionary Computation in Combinatorial Optimisation (EvoCOP) (2014 und 2015): Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
6. Studierendenkonferenz Informatik 2015 (SKILL 2015): Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

5.3 Teilnahme

1. GECCO 2015. Madrid, Spanien: Prof. Dr. Boris Naujoks, Martina Frieze
2. Workshop Computational Intelligence 2015. Dortmund: Andreas Fischbach, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Oliver Flasch, Martina Frieze, Dimitri Gusew, Quoc Cuong Pham, Margarita Rebolledo, Viktoria Schaale, Sebastian Krey, Prof. Dr. Boris Naujoks, Christian Jung, Martin Zaefferer, Jörg Stork, Steffen Moritz, Beate Breiderhoff,
3. Workshop Computational Intelligence 2014. Dortmund: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr. Boris Naujoks, Christian Jung, Martin Zaefferer, Jörg Stork, Steffen Moritz, Beate Breiderhoff.

6 Personal

6.1 Hochschullehrer

1. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
2. Prof. Dr. Boris Naujoks

6.2 Wissenschaftliche Mitarbeiter

- | | |
|----------------------|---------------------------------------|
| 1. Beate Breiderhoff | 8. Steffen Moritz |
| 2. Andreas Fischbach | 9. Quoc Cuong Pham |
| 3. Dr. Oliver Flasch | 10. Margarita Alejandra Rebolledo Coy |
| 4. Martina Frieze | 11. Viktoria Schaale |
| 5. Dimitri Gusew | 12. Jörg Stork |
| 6. Christian Jung | 13. Martin Zaefferer |
| 7. Sebastian Krey | |

6.3 Lehrbeauftragte

1. Peter Großmann
2. Jürgen Tennie
3. Svitlana Zakrevska

6.4 Studentische Mitarbeiter

1. Stephanie Raupach
2. Christopher Schlitt

6.5 Ehemalige wissenschaftliche Mitarbeiter

1. Dr. Katya Vladislavleva (2011-2013). Zur Zeit: Evolved Analytics.
2. Dr. Olaf Mersmann (2011-2014)



Abbildung 6.1 – Math and More. Projektabnahme. Die Studierenden erhalten eine Woche vor der Projektabnahme vergleichbare Aufgaben, die sie zur Vorbereitung üben können. Die Projektabnahme erfolgt am PC.



Abbildung 6.2 – Feedbackgespräch mit Studierenden der Vorlesung Mathematik. Das *SPOTSeven* Team lädt zum Semesterende alle Studierenden ein, um mit ihnen Verbesserungsmöglichkeiten zu erörtern.

7 Lehrangebot

7.1 Das Lehr- und Lernformat Math & More

Trotz der sehr großen Anfängerzahlen können durch die ausgezeichnete Zusammenarbeit aller Beteiligten Studienanfänger gut betreut werden. Hinzu kommt noch der Einsatz moderner Lehr- und Lernsysteme wie z.B. Maple T.A. Dabei kommt das im *SPOTSeven* Lab entwickelte Lehr- und Lernformat „Math & More“ für große bis sehr große Lehrveranstaltungen (bis zu 800 Teilnehmer) zum Einsatz.

Mit „Math & More“ steht ein methodisch-didaktisches Konzept für die Vorlesungen zur Angewandten Mathematik im ingenieurwissenschaftlichen Grundstudium (Bachelor) zur Verfügung, das individualisiertes Lernen für große bis sehr große Lerngruppen ermöglicht. Durch den Einsatz von e-Learning-Unterlagen, die mit Hilfe des Teaching-Assistant Systems Maple T.A. erstellt werden, erhalten die Studierenden individuelle Aufgaben und Lösungen, die zu jeder Zeit und von jedem Ort abgerufen werden können. Zusätzlich werden den Studierenden die mit einem Tablet-PC erstellten Vorlesungsmitschriften und Lernvideos zur Verfügung gestellt.

Teilaufgaben aus Forschungsprojekten werden ebenfalls mit dem Maple T.A. System geprüft. Durch die Einrichtung von Aktivübungen, in denen Vorleistungspunkte vergeben werden, werden die Studierenden zum aktiven Vorrechnen angeregt. Hierbei werden auch die höheren Taxonomiestufen berücksichtigt, da in kleineren Gruppen fachliche Diskussionen ermöglicht werden. Die Entwicklung und der Einsatz dieses Lehr- und Lernformates ist sehr zeitaufwändig, da die mehrere Hundert Aufgaben programmiert und getestet werden müssen. Neben der regulären Vorlesungszeiten erhalten die Studierenden Betreuung in Diskussionsforen (ILIAS).

7.2 Forschendes Lernen

Das von Prof. Bartz-Beielstein entwickelte „FLSeven Prozessmodell“ versteht sich als ein methodisches Prinzip, das Forschungsorientierung und Verknüpfung von Forschung und Lehre in die Studiengänge und Lehrveranstaltungen integriert und für studentische Lernprozesse nutzbringend anwendet. Dieses Modell ermöglicht Forschendes Lernen für Bachelor- und Masterstudierende sowie für Doktorandinnen und Doktoranden.

Der Beitrag „Forschendes Lernen – vom Bachelor zur Promotion in den Ingenieurwissenschaften“, der das FLSeven Prozessmodell erläutert, wurde Ende 2015 zur Veröffentlichung im *Neuen Handbuch Hochschullehre* eingereicht.

7.3 Interne Schulungen

Ergänzend zu den im Vorlesungsverzeichnis aufgeführten Veranstaltungen werden im *SPOTSeven* Lab Schulungen für Masterstudierende und Doktoranden durchgeführt. Dies ist u. a. für die erfolgreiche Durchführung von Drittmittelprojekten erforderlich, da die in diesen Projekten tätigen Mitarbeiter Spezialkenntnisse aus den Bereichen Mathematik und Statistik benötigen. Vereinzelt werden diese Schulungen gemeinsam mit externen Dozenten durchgeführt (Dr. Volker Kraft, Academic Ambassador JMP).



Abbildung 7.1 – Studierende während der Mathematik 2 Vorlesung.



Abbildung 7.2 – Studierende während der Vorlesung Mathematik 2. Um die großen Andrang zu bewältigen, werden moderne e-Learning Verfahren wie Maple T.A. eingesetzt und mit Math & More ein eigenes Lehrveranstaltungsformat entwickelt.



Abbildung 7.3 – Erörterung didaktischer Fragestellungen im *SPOTSeven* Doktorandenseminar.
Links: Timo von Treeck, rechts: Birgit Szczyrba.



Abbildung 7.4 – Projektabnahmen. Quoc Cuong Pham und Andreas Fischbach begleiten die Projektabnahmen.



Abbildung 7.5 – Forschendes Lernen in der Vorlesung Qualitätsmanagement. Studierende führen Flugversuche durch.

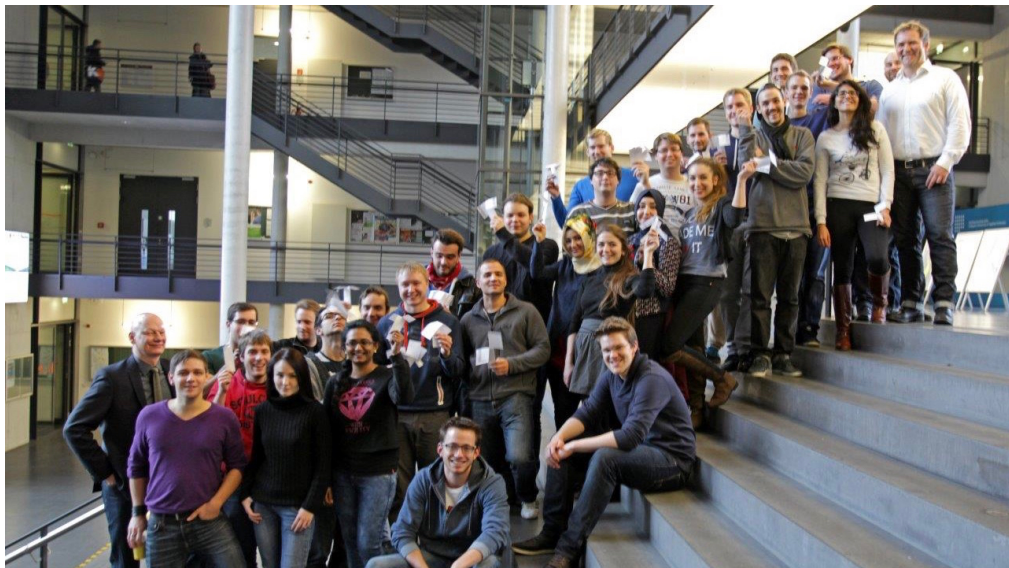


Abbildung 7.6 – Forschendes Lernen. Die Veranstaltung wurde gemeinsam von den Professoren Münster und Bartz-Beielstein durchgeführt.



Abbildung 7.7 – Bei Fortbildungsveranstaltungen werden auch Studentinnen und Studenten mit einbezogen. Hier ein Workshop, der von Dr. Volker Kraft (SAS) im Juli 2015 über die Statistiksoftware JMP durchgeführt wurde.



Abbildung 7.8 – Teilnehmer des JMP Workshops, der im Rahmen des *SPOTSeven* Doktoranden-seminars durchgeführt wurde.



Abbildung 7.9 – Der JMP Workshop wurde 2015 bereits zum dritten Mal durchgeführt. Die proprietäre Software JMP wird neben selbstentwickelten Open-Source Lösungen zur Datenanalyse im *SPOTSeven* Lab eingesetzt.

7.4 Vorlesungen, Seminare und Case-Studies

7.4.1 Wintersemester 2015/16

1. Vorlesung: Mathematik I für Ingenieure. Prof. Dr. Boris Naujoks. Übungen: Beate Breiderhoff, Dr. Elmar Lau.
2. Vorlesung: Mathematik II für Ingenieure. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Übungen: Beate Breiderhoff, Andreas Fischbach, Martina Frieze, Dr. Elmar Lau, Quoc Cuong Pham, Martin Zaefferer.
3. Vorlesung: Spezielle Gebiete der Mathematik. Prof. Dr. Boris Naujoks.
4. Vorlesung Operations Research (Vertretung für Prof. Edda Leopold): Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, Prof. Dr. Boris Naujoks, Oliver Flasch.
5. Doktorandenseminar: *SPOTSeven*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
6. Case Study: Analysis of univariate missing data for heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems in the context of Big Data. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork, Steffen Moritz, Martin Zaefferer.
7. Case Study: Analysis of multivariate missing data for heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems in the context of Big Data. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, Steffen Moritz, Jörg Stork.
8. WPF Umwelttechnik. Prof. Dr. Michael Bongards, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork.
9. QQ2 Projekt Zyklon. Prof. Dr. Horst Stenzel, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, Quoc Cuong Pham, Beate Breiderhoff.
10. Qualitätsmanagement. Prof. Dr. Thomas Münster, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Sebastian Krey, Martin Zaefferer, Jörg Stork

7.4.2 Sommersemester 2015

1. Vorlesung: Mathematik I für Ingenieure. Prof. Dr. Boris Naujoks. Übungen: Beate Breiderhoff, Dr. Elmar Lau.
2. Vorlesung: Mathematik II für Ingenieure. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Übungen: Beate Breiderhoff, Andreas Fischbach, Martina Frieze, Dr. Elmar Lau, Quoc Cuong Pham, Martin Zaefferer.
3. Vorlesung: Advanced Process Control and Optimization. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Jürgen Böhm-Rietig.
4. Vorlesung: Data-driven Modeling and Optimization. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Wolfgang Konen.
5. Vorlesung: Spezielle Gebiete der Mathematik. Prof. Dr. Boris Naujoks.
6. Doktorandenseminar: *SPOTSeven*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
7. WPF Umwelttechnik. Prof. Dr. Michael Bongards, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork.



Abbildung 7.10 – Starker Andrang während der Vorlesung Mathematik 2.



Abbildung 7.11 – Math & More. Quoc Cuong Pham gibt Hilfestellung während der Projektabnahme.



Abbildung 7.12 – Studierende der Veranstaltung DDMO im Masterstudiengang AIT.

7.4.3 Wintersemester 2014/15

1. Vorlesung: Mathematik II für Ingenieure. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Übungen: Beate Breiderhoff, Andreas Fischbach, Martina Frieze, Dr.Elmar Lau, Quoc Cuong Pham, Martin Zaefferer.
2. Vorlesung Operations Research (Vertretung für Prof. Edda Leopold): Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer.
3. Doktorandenseminar: *SPOTSeven*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
4. Case Study: Optimization of simulation models: Nozzle – Interface to SPOT. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer.
5. Case Study: Optimization of simulation models: Analytic Model of a Cyclones (Dust Absorbers). Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Beate Breiderhoff.
6. Case Study: Optimization of simulation models: CFD-Models for Cyclones (Dust Absorbers). Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Oliver Flasch.
7. Case Study: Evaluation of visualization techniques. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Dr.Boris Naujoks.
8. Case Study: Analysis of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) systems in the context of Big Data.Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork, Steffen Moritz.
9. WPF Umwelttechnik. Prof. Dr. Michael Bongards, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork.
10. Qualitätsmanagement. Prof. Dr. Thomas Münster, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer, Jörg Stork

7.4.4 Sommersemester 2014

1. Vorlesung: Mathematik I für Ingenieure. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein. Übungen: Beate Breiderhoff, Andreas Fischbach, Martina Frieze, Dr.Elmar Lau, Dr.Boris Naujoks, Quoc Cuong Pham, Martin Zaefferer.
2. Vorlesung: Advanced Process Control and Optimization. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Jürgen Böhm-Rietig.



Abbildung 7.13 – Die Lehre wird direkt verknüpft mit relevanten Aufgabenstellungen aus der Industrie. 3D-Druck eines Staubabscheiders im Rahmen eines QQ-Projektes, das von Prof. Stenzel und Mitgliedern des *SPOTSeven* Teams betreut wird.

3. Vorlesung: Data-driven Modeling and Optimization. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Wolfgang Konen.
4. Doktorandenseminar: *SPOTSeven*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
5. WPF Umwelttechnik. Prof. Dr. Michael Bongards, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Jörg Stork.

8 Selbstverwaltung und Mitgliedschaften

8.1 Selbstverwaltung

1. Studiengangsbeauftragter Grundstudium Ingenieurwissenschaften. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
2. Mitglied der *Ständigen Kommission für Forschung und Wissenstransfer*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
3. Beauftragter *Studienfonds Oberberg*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
4. Lenkungsausschuss „Dokumenten- und Publikationsservice für wissenschaftliche Publikationen der FH Köln“: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein
5. Sprecher Forschungsschwerpunkt *Computational Intelligence plus (CIplus)*. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein.
6. Forschungsinstitut STEPS (FH Köln): Koordination des Bereichs *Datenanalyse, Simulation und Optimierung*: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Martin Zaefferer
7. Koordination des Steinmüller-Engineering-Förderpreis für Promotions- und Masterabschlüsse. Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein (gemeinsam mit Prof. Dr. Monika Engelen).
8. Prüfungsplanung. Prof. Dr. Boris Naujoks.

8.2 Mitgliedschaften

Association for Computing Machinery (ACM) Special Interest Group „Genetic and Evolutionary Computation“: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

VDI/VDE-Gesellschaft für Mess- und Automatisierungstechnik Fachausschuss Computational Intelligence: Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Dr. Boris Naujoks, Martin Zaefferer, Martina Frieze



Abbildung 8.1 – Begrüßung der Teilnehmer des Jahrestreffens des Studienfonds Oberberg.



Abbildung 8.2 – Informationsveranstaltung für den Studienfonds Oberberg. Ziel des Studienfonds Oberberg ist es, qualifizierte Studierende am Campus Gummersbach mit den Unternehmen der Region zusammenzubringen. Zu diesem Zweck vergibt der Verein zur Förderung des Campus Gummersbach der Technischen Hochschule Köln e.V. (Förderverein) in Kooperation mit regionalen Unternehmen seit dem Wintersemester 2008/09 Stipendien an herausragende Studierende des Campus Gummersbach.



Abbildung 8.3 – Graduierteninstitut NRW: Begrüßung in Düsseldorf. Leitende Vertreter von Universitäten und Fachhochschulen in NRW trafen sich am 16.11.2015 erstmals im Rahmen der „Kooperationslounge“, um Kooperative Promotionen für den wissenschaftlichen Nachwuchs voranzutreiben. An dem Treffen nahmen mehr als 50 Vertreter aus den Hochschulen sowie Repräsentanten aus der Politik teil.

Advisory Board of the Handbook of Natural Computing Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

Forschungsschwerpunkt Computational Services in Automation Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

EU/ME working group on Metaheuristics Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

International Society on Multiple Criteria Decision Making Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein

Forschungsinstitut STEPS Als assoziiertes Mitglied des Forschungsinstituts „Sustainable Technologies and Computational Services for Environmental and Production Processes“ (STEPS) ist Prof. Dr. Bartz-Beielstein seit 2013 als Koordinator des Forschungsbereichs Datenanalyse, Simulation und Optimierung tätig.

9 Ausstattung

9.1 Hardware

Dem *SPOTSeven Lab* steht ein 64-bit Linux-basierter *Beowulf* cluster für *high performance computing* (HPC) und *high throughput computing* (HTC) mit 48 Intel Xeon CPUs und 36 GiB RAM zur Verfügung. Hinzu kommen noch mehrere Workstations, u.a. zur CFD Modellierung.

9.2 Software

Eine Vielzahl von Softwareprodukten, angefangen bei Office-Paketen bishin zu spezieller Simulations- und Optimierungssoftware (SAS, JMP, Maple, matlab, Mathematica oder ANSYS Fluent) stehen für Lehr- und Forschungszwecke zur Verfügung.

Das statistische Softwarepaket *sequential parameter optimization toolbox* (SPOT) wird seit 2004 von Prof. Dr. T. Bartz-Beielstein entwickelt und ist in einer Matlab sowie einer R Version als Open-Source Toolbox verfügbar (Bartz-Beielstein u. a., 2005a).

Das statistische Softwarepaket *Combinatorial Efficient Global Optimization* (CEGO) wird seit 2015 von Martin Zaefferer entwickelt und ist in einer R Version als Open-Source Toolbox verfügbar.



Abbildung 9.1 – Eindrücke von der Weihnachtsfeier 2015. Andreas Fischbach, Steffen Moritz, Martina Frieze, Boris Naujoks, Christian Jung, Martin Zaefferer, Jörg Stork, Sebastian Krey, Oliver Flasch, Margarita Rebolledo, Viktoria Schaale.



Abbildung 9.2 – Eindrücke von der Weihnachtsfeier 2015.

10 Lokale Berichterstattung

Nachbarn in räumlicher und fachlicher Hinsicht

Steinmüller Engineering ist neuester Namenspatron eines Hörsaals in der FH

GUMMERSBACH. Nebenan, in der Halle 32, gibt's schon den „L&C Steinmüller“-Lehrsaal. Jetzt schlägt auch auf dem Campus Gummersbach der Fachhochschule ein Hörsaal-Name eine Brücke in die Nachbarschaft: Seit gestern heißt Raum 3.108 ganz offiziell „Steinmüller-Engineering-Hörsaal.“

„Wir haben Brücken errichtet, die begehbar sind“, fand Prof. Dr. Christian Averkamp eine bildhafte Umschreibung für die Nähe zur heimischen Industrie, die im Falle der Steinmüller Engineering GmbH nicht nur fachlicher, sondern auch räumlicher Natur ist – beide Partner residieren auf dem Steinmüller-Ge-

lände. „Wir bilden keine Sachbearbeiter aus, sondern Führungsnachwuchskräfte“, begründete der Dekan die natürliche Nähe zwischen Industrie und FH, die eben für „angewandte Forschung und Praxisrelevanz“ stehe: „Wir suchen keine Antworten auf Fragen, die niemand gestellt hat.“

Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein unterstrich die Bedeutung, die der neue Hörsaal-Namensgeber für die FH-Studierenden habe. „Wenn ich in meinen Mathe-Vorlesungen den Namen Steinmüller erwähne, wird es still. Fast jeder hat einen Bezug zu L&C oder zu Steinmüller Engineering.“ Er wies auf die beiden gemeinsamen Forschungsprojekte im

Bereich der Optimierung hin. Dass die Förderanträge dafür (Volumen: je rund 280 000 Euro) von den externen Gutachtern „so durchgewunken wurden“, wertet er als gutes Zeichen für die Reputation beider Partner. Die Zusammenarbeit ist aber deutlich älter: Seit zwei Jahrzehnten schreiben FH-Studierende Abschlussarbeiten in Zusammenarbeit mit dem benachbarten Unternehmen.

Das Bild der Brücke, die zu bauen er beauftragt sei, griff auch Steinmüller Engineering-Geschäftsführer Tetsuya Iwasaki auf: „Eine Brücke zwischen Deutschland und Japan, zwischen Gummersbach und Tokio“. (sül)



Neues Schild für Hörsaal 3.108: Prof. Dr. Christian Averkamp und Tetsuya Iwasaki (M.) mit (v.l.) Yoshitomo Okuma, Dr.-Ing. Friedrich Hembach, Prof. Dr. Bartz-Beielstein und Thomas Will (r.). (Foto: Oehl)

Abbildung 10.1 – Berichterstattung in der Oberbergischen Volkszeitung vom 7.2.2015. *Steinmüller Engineering GmbH* ist Hörsaalsponsor.

Mit Holzvergasern Ressourcen schonen

AVEA und FH Gummersbach zeichnen drei Abschlussarbeiten mit Innovationspreis aus

GUMMERSBACH. Das Entsorgungsunternehmen AVEA, das dem Bergischen Abfallverband und der Stadt Leverkusen gehört, hat zum zweiten Mal seinen „Innovationspreis Umwelt“ für Abschlussarbeiten am Campus Gummersbach der Fachhochschule Köln verliehen. Der Preis für die drei Arbeiten ist mit insgesamt 3500 Euro dotiert.

Kreisdirektor Jochen Hagt lobte die Zusammenarbeit zwischen AVEA und FH als wichtigen Beitrag für den Industriestandort Oberberg, besonders

im Hinblick auf die Nachwuchsförderung. Oberberg biete Fachkräfte gute Berufschancen, betonte er. Auch AVEA-Geschäftsführer Jürgen Sprokamp wies auf die Bedeutung von Fachkräften und Wissenstransfer hin. Für die Preisverleihung gebe es keinen besseren Ort als Metabolon. Innovation treffe dort auf Praxis und das Thema Ressourcenmanagement und Nachhaltigkeit stehe im Vordergrund.

Der Preis sei ein guter Ansporn für die Studenten, und er sei froh, über den Lehr- und

Forschungsstandort der FH auf Metabolon, so Professor Michael Bongards. Mit dem ersten Preis (2000 Euro Preisgeld) wurde die Bachelor-Arbeit von Alexander Kremer aus Much ausgezeichnet. Der Student hat in seiner Arbeit industrielle Holzvergasungsanlagen analysiert und marktwirtschaftlich bewertet. Das wirtschaftlich beste Ergebnis, so das Ergebnis seiner Arbeit, erzielen Anlagen bei der Verwendung von Restholz. Die Ergebnisse der Arbeit seien auch von großer Bedeutung für die Forschung der FH und von Metabolon, so Bongards.

Für seine Masterarbeit über die Entwicklung eines Modells für Zyklon-Staubabscheider, wie sie in Rauchgasanlagen von Großkraftwerken verwendet werden, erhielt Syed Aley Ali Zaidi den mit 1000 Euro dotierten zweiten Preis.

Sven Rosenberger hat in seiner Bachelor-Arbeit eine Anlage zur Verschnittoptimierung von Zellkautschukmatten eines Automobilzulieferers entwickelt, mit der drei bis fünf Prozent Material eingespart werden kann. Rosenbergers Arbeit wurde mit dem dritten Preis und einem Preisgeld von 500 Euro gewürdigt. (Iz)



Preisverleihung auf Metabolon: (v.l.) Die Professoren Thomas Bartz-Beielstein und Michael Bongards, Preisträger Rosenberger, Kremer Zaidi, Kreisdirektor Jochen Hagt und AVEA-Chef Jürgen Sprokamp.

Abbildung 10.2 – Berichterstattung in der Oberbergischen Volkszeitung vom 21.8.2015. AVEA-Preis für Syad Ali Zaidi.

Vielfältiger und internationaler

Jetzt ist es amtlich: FH Köln ist eine „Technische Hochschule“

VON TORSTEN SÜLZER

GUMMERSBACH. Die Fachhochschule ist Geschichte. Seit gestern gehört der Campus Gummersbach zur Technischen Hochschule Köln. Der neue Name soll ausdrücken, welche Veränderungen die Hochschule in den vergangenen Jahren gemacht hat – dass sie einen neuen Auftrag hat, neue Ansätze verfolgt und dass sich das Selbstverständnis verändert hat. Und die Geschichte gehe weiter, betonte Prof. Dr. Klaus Becker, Vizepräsident für Forschung und Wissenstransfer und geschäftsführendes Präsidiumsmitglied der TH Köln. „Das heute ist nicht der Abschluss einer Entwicklung, sondern ein Meilenstein.“ Dass die Auftaktveranstaltung in Gummersbach stattfindet, sei Ausdruck jener Entwicklung der vergangenen Jahre, die am Beispiel des Campus Gummersbach gut nachvollziehbar sei.



Guten Mutes nach der Veranstaltung: Dekan Prof. Dr. Christian Averkamp (r.) mit (v.l.) Tetsuya Iwasaki (Steinmüller Engineering), Michael Sallmann, Ulrich Stücker, Prof. Dr. Sylvia Heuchemer, Jochen Hagt, Prof. Thomas Bartz-Beielstein, Prof. Klaus Becker. (Fotos: Krempin/privat)

„Fachhochschule“ ein antiquierter Begriff

Worte, die Prof. Dr. Christian Averkamp, Dekan des Campus Gummersbach, noch mehr strahlen ließen. Dabei war er ohnehin schon bester Dinge. „Wenn Sie heute einen strahlenden Dekan sehen“, sagte er zur Begrüßung, „dann hat das zwei Gründe. Erstens ist es mir eine große Freude, dass die Auftaktveranstaltung in Gummersbach stattfindet. Zweitens freue ich mich, wenn ich sehe, welche Gäste wir heute begrüßen können.“

Neben Prof. Becker war das etwa Prof. Dr. Sylvia Heuchemer, an der TH Köln Vizepräsidentin für Lehre und Studium. Der Begriff „Fachhochschule“ stamme aus dem späten 19. Jahrhundert. 1971, als die Hochschule in Köln gegründet wurde, habe die Bezeichnung

noch gepasst – „aber das war einmal“. Die Bezeichnung „Technische Hochschule“ stehe viel eher für akademische Vielfalt und bringe den interdisziplinären und internationalen Anspruch viel besser zum Ausdruck. Sie stehe auch viel eher für die Humboldt'sche Idee von der gemeinsamen Verantwortung von Lehrenden und Lernenden – und für eine „Forschung für Wirtschaft, Kultur und Zivilgesellschaft“.

Kreisdirektor Jochen Hagt erinnerte an den langen Weg des Campus Gummersbach, der seinen Anfang 1961 als Ingenieurschule genommen habe. „Die hat vielen Generationen zu einer Top-Ausbildung verholfen. Viele Unternehmen der Region konnten davon profitieren. Heute ist daraus eine Institution mit internationaler Ausrichtung geworden, mit Studenten aus aller Herren Länder.“ Weltweit, so Hagt,



Schon tags zuvor waren die Fahnen mit der neuen Wortmarke – bei besserem Wetter – gehisst worden.

freuten sich Unternehmen über Absolventen aus Gummersbach. „Die TH ist ein neues starkes Markenzeichen in der Region.“

Für die Stadt Gummersbach betonte Beigeordneter Ulrich Stücker, der Campus Gummersbach liege auf der wichtigsten Zukunftsfläche der Stadt und des Kreises und sei ein Imagegewinn für die Kreisstadt und für Oberberg. „Wenn Sie Erweiterungsbedarf haben“, versprach er dem Dekan, „stehen wir jederzeit für Gespräche zur Verfügung.“

Michael Sallmann, IHK-Geschäftsführer und Vorsitzender des Fördervereins, war sicher: „Die Gründerväter der Ingenieurschule wie die Herren Dörrenberg, Kienbaum, Merten und Rüggeberg wären heute richtig stolz.“ Die Entwicklung hin zur TH entspreche exakt deren Intention, war sich Sallmann sicher.

Abbildung 10.3 – Berichterstattung in der Oberbergischen Volkszeitung vom 2.9.2015. Aus der FH Köln wird die TH Köln.

Förderpreis für Abschlüsse

Firma Steinmüller-Engineering zeichnet Studierende des Campus Gummersbach der Technischen Hochschule aus

GUMMERSBACH. Für den Campus Gummersbach der Technischen Hochschule Köln stiftet die Steinmüller-Engineering GmbH (SE) einen neuen Förderpreis. Der „Steinmüller-Engineering-Preis“ für Master- und Promotionsabschlüsse ist offen für Absolventen aller Gummersbacher Studiengänge. Dotiert ist er mit 1000 Euro für den ersten Platz, 750 Euro für den zweiten und 500 Euro für den dritten Platz.

„Die Preise sind für uns ein wichtiges Element der Qualitätssicherung. Sie zeigen uns, dass wir nicht Lösungen finden, um dann nach einem passenden Problem zu suchen, sondern Ergebnisse liefern, die in der Wirtschaft auch ihre Anwendung finden“, sagt Dekan Prof. Dr. Christian Averkamp. Außer ihm unterschrieben auch Tetsuya Iwasaki, Geschäftsführer der Steinmüller-Engineering GmbH, und Thomas Will, SE-Abteilungsleiter, die Vereinbarung.



Stellten den Preis vor (v.l.): Thomas Will, Prof. Dr. Thomas Bartz-Beielstein, Tetsuya Iwasaki, Prof. Dr. Christian Averkamp, und Prof. Dr. Monika Engelen. (Foto: privat)

In der Jury sitzen neben einer Führungskraft der SE auch die Professoren Dr. Thomas Bartz-Beielstein vom Institut für Informatik und Dr. Monika Engelen vom Institut für Betriebswirtschaft.

Mit der Finanzierung des Förderpreises erweitert Stein-

müller-Engineering seine Zusammenarbeit mit dem Campus. „Steinmüller-Engineering möchte mit dem Preis die Technische Hochschule unterstützen, weil sie den Nachwuchs hervorbringt, den unsere heimische Wirtschaft braucht“, erklärt Will. (nis)

Abbildung 10.4 – Berichterstattung in der Oberbergischen Volkszeitung vom 20.11.2015. *Steinmüller Engineering GmbH Förderpreis.*

Eigene Veröffentlichungen im Berichtszeitraum

- [Bartz-Beielstein u. a. 2014] BARTZ-BEIELSTEIN, T ; BRANKE, J ; MEHNEN, J ; MERSMANN, O: Evolutionary Algorithms. In: *WIREs Data Mining and Knowledge Discovery* 4 (2014), S. 178–195
- [Bartz-Beielstein 2015a] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: How to Create Generalizable Results. Version: 2015. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43505-2_56. In: KACPRZYK, Janusz (Hrsg.) ; PEDRYCZ, Witold (Hrsg.): *Springer Handbook of Computational Intelligence*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2015. – DOI 10.1007/978-3-662-43505-2_56. – ISBN 978-3-662-43504-5, 1127–1142
- [Bartz-Beielstein 2015b] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Meaningful Problem Instances and Generalizable Results. Cologne University of Applied Science, Faculty of Computer Science and Engineering Science : SPOTSeven Lab, Cologne University of Applied Sciences, Februar 2015. – Forschungsbericht
- [Bartz-Beielstein 2015c] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Zen und die Kunst der Hochschullehre. In: *changing* (2015), September, Nr. 2, S. 39–49
- [Bartz-Beielstein u. a. 2015a] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; BRANKE, Jürgen ; MEHNEN, Jörn ; MERSMANN, Olaf: Overview: Evolutionary Algorithms. Cologne University of Applied Science, Faculty of Computer Science and Engineering Science : Cologne University of Applied Sciences, 2015. – Forschungsbericht. – ISSN 2194–2870
- [Bartz-Beielstein u. a. 2015b] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; JUNG, Christian ; ZAEFFERER, Martin: Sequential Parameter Optimization in Noisy Environments. Cologne University of Applied Sciences, 2015. – Forschungsbericht
- [Bartz-Beielstein u. a. 2015c] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; JUNG, Christian ; ZAEFFERER, Martin: Uncertainty Management Using Sequential Parameter Optimization. In: MELONI, Carlo (Hrsg.) ; DELLINO, Gabriella (Hrsg.): *Uncertainty Management in Simulation-Optimization of Complex Systems: Algorithms and Applications*. Springer, 2015, S. 79–99
- [Bartz-Beielstein u. Zaefferer 2015a] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; ZAEFFERER, Martin: CIMO - CI-basierte Mehrkriterielle Optimierungsverfahren für Anwendungen in der Industrie (Schlussbericht) / TH Köln. Version: 2015. <http://cos.bibl.th-koeln.de/frontdoor/index/index/docId/69>. Köln : Fakultät 10 / Institut für Informatik, 2015 (5/2015). – Forschungsbericht. – ISBN 2194–2870
- [Bartz-Beielstein u. Zaefferer 2015b] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; ZAEFFERER, Martin: MCIO - Mehrkriterielle CI-basierte Optimierungsverfahren für den industriellen Einsatz (Schlussbericht). Fakultät 10 / Institut für Informatik, 2015 (6). – Forschungsbericht. – ISBN 2194–2870

- [Beielstein u. a. 2014] BEIELSTEIN, Thomas B. (Hrsg.) ; BRANKE, Jürgen (Hrsg.) ; FILIPIC, Bogdan (Hrsg.) ; SMITH, Jim (Hrsg.): *Lecture Notes in Computer Science*. Bd. 8672: *Parallel Problem Solving from Nature - PPSN XIII - 13th International Conference, Ljubljana, Slovenia, September 13-17, 2014. Proceedings*. Cham : Springer, 2014. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10762-2>. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-10762-2>. – ISBN 978-3-319-10761-5
- [Fischbach u. a. 2015] FISCHBACH, Andreas ; STORK, Jörg ; ZAEFFERER, Martin ; KREY, Sebastian ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Analyzing Capabilities of Latin Hypercube Designs Compared to Classical Experimental Design Methods . In: HOFFMANN, Frank (Hrsg.) ; HÜLLERMEIER, Eyke (Hrsg.): *25. Workshop Computational Intelligence*, 2015, 255–270
- [Flasch u. a. 2015] FLASCH, Oliver ; FRIESE, Martina ; ZAEFFERER, Martin ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; BRANKE, Jürgen: Learning Model-Ensemble Policies with Genetic Programming. Version: 2015. <http://opus.bsz-bw.de/fhk/volltexte/2015/78>. Betzdorfer Str. 2, 50679 Köln, 2015. – Forschungsbericht. – ISBN 2194-2870
- [Moritz u. a. 2015] MORITZ, S ; SARDÁ, A ; BARTZ-BEIELSTEIN, T ; ZAEFFERER, M ; STORK, J: Comparison of different Methods for Univariate Time Series Imputation in R. In: *ArXiv e-prints* stat.AP (2015), Oktober. <http://arxiv.org/abs/1510.03924>
- [Moritz u. a. 2014] MORITZ, Steffen ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; MERSMANN, Olaf ; ZAEFFERER, Martin ; STORK, Jörg: Does imputation work for improvement of domestic hot water usage prediction? In: *Proceedings. 24. Workshop Computational Intelligence, Dortmund, 27.-28. November 2014*, KIT Scientific Publishing, 2014, S. 205–222
- [Zaefferer u. a. 2014a] ZAEFFERER, Martin ; BREIDERHOFF, Beate ; NAUJOKS, Boris ; FRIESE, Martina ; STORK, Jörg ; FISCHBACH, Andreas ; FLASCH, Oliver ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Tuning Multi-Objective Optimization Algorithms for Cyclone Dust Separators. In: *Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO'14), Proceedings*, 2014, S. 1223–1230
- [Zaefferer u. a. 2014b] ZAEFFERER, Martin ; STORK, Jörg ; FRIESE, Martina ; FISCHBACH, Andreas ; NAUJOKS, Boris ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Efficient Global Optimization for Combinatorial Problems. In: ARNOLD, Dirk V. (Hrsg.): *Genetic and Evolutionary Computation Conference (GECCO'14), Proceedings*, ACM, 2014, S. 871–878

Literatur

- [Banzhaf u. a. 1998] BANZHAF, Wolfgang ; FRANCONI, Frank D. ; KELLER, Robert E. ; NORDIN, Peter: *Genetic programming: an introduction: on the automatic evolution of computer programs and its applications*. San Francisco, CA, USA : Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1998. – ISBN 1-55860-510-X
- [Bartz-Beielstein 2010a] BARTZ-BEIELSTEIN, T: Optimierung von Prozessvariablen beim Spritzgießen / Cologne University of Applied Sciences. 2010. – Forschungsbericht
- [Bartz-Beielstein 2006] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: *Experimental Research in Evolutionary Computation—The New Experimentalism*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2006 (Natural Computing Series)
- [Bartz-Beielstein 2010b] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Sequential Parameter Optimization—An Annotated Bibliography / Research Center CIOP (Computational Intelligence, Optimization and Data Mining). Cologne University of Applied Science, Faculty of Computer Science and Engineering Science, April 2010 (04/10). – CIOP Technical Report. – ISSN 2191-365X
- [Bartz-Beielstein 2010c] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: SPOT: An R Package For Automatic and Interactive Tuning of Optimization Algorithms by Sequential Parameter Optimization / Research Center CIOP (Computational Intelligence, Optimization and Data Mining). Version: June 2010. <http://arxiv.org/abs/1006.4645>. Cologne University of Applied Science, Faculty of Computer Science and Engineering Science, June 2010 (05/10). – CIOP Technical Report. – ISSN 2191-365X. – Comments: Related software can be downloaded from <http://cran.r-project.org/web/packages/SPOT/index.html>
- [Bartz-Beielstein 2013] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: SpotSeven Broschüre / FH Köln (Cologne University of Applied Sciences). 2013. – Forschungsbericht
- [Bartz-Beielstein u. a. 2007] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; BONGARDS, Michael ; CLAES, Christoph ; KONEN, Wolfgang ; WESTENBERGER, Hartmut: Datenanalyse und Prozessoptimierung für Kanalnetze und Kläranlagen mit CI-Methoden. In: MIKUT, R. (Hrsg.) ; REISCHL, M. (Hrsg.): *Proc. 17th Workshop Computational Intelligence*, Universitätsverlag, Karlsruhe, 2007, S. 132–138
- [Bartz-Beielstein u. Konen 2008] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; KONEN, Wolfgang: Datenanalyse und Prozessoptimierung am Beispiel Kläranlagen / Cologne University of Applied Sciences. 2008. – Forschungsbericht
- [Bartz-Beielstein u. a. 2005a] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; LASARCZYK, Christian ; PREUSS, Mike: Sequential Parameter Optimization. In: MCKAY, B. (Hrsg.) u. a.: *Proceedings 2005 Congress on Evolutionary Computation (CEC'05), Edinburgh, Scotland* Bd. 1. Piscataway NJ : IEEE Press, 2005, S. 773–780
- [Bartz-Beielstein u. Markon 2004] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; MARKON, Sandor: Tuning Search Algorithms for Real-World Applications: A Regression Tree Based Approach. In: GREENWOOD, G. W. (Hrsg.): *Proceedings 2004 Congress on Evolutionary Computation (CEC'04), Portland OR* Bd. 1. Piscataway NJ : IEEE, 2004, S. 1111–1118

- [Bartz-Beielstein u. a. 2003] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; MARKON, Sandor ; PREUSS, Mike: Algorithm Based Validation of a Simplified Elevator Group Controller Model. In: IBARAKI, T. (Hrsg.): *Proceedings 5th Metaheuristics International Conference (MIC'03)*. Kyoto, Japan, 2003, S. 06/1–06/13 (CD-ROM)
- [Bartz-Beielstein u. a. 2005b] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; PREUSS, Mike ; MARKON, Sandor: Validation and optimization of an elevator simulation model with modern search heuristics. Version: 2005. http://dx.doi.org/10.1007/0-387-25383-1_5. In: IBARAKI, T. (Hrsg.) ; NONOBE, K. (Hrsg.) ; YAGIURA, M. (Hrsg.): *Metaheuristics: Progress as Real Problem Solvers*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2005 (Operations Research/Computer Science Interfaces). – DOI 10.1007/0-387-25383-1_5, S. 109–128
- [Bartz-Beielstein u. a. 2010] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; PREUSS, Mike ; SCHWEFEL, Hans-Paul: Model Optimization with Evolutionary Algorithms. In: LUCAS, K. (Hrsg.) ; ROOSEN, P. (Hrsg.): *Emergence, Analysis, and Evolution of Structures—Concepts and Strategies Across Disciplines*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2010, S. 47–62
- [Bartz-Beielstein u. a. 2008] BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; ZIMMER, Tobias ; KONEN, Wolfgang: Parameterselektion für komplexe Modellierungsaufgaben der Wasserwirtschaft – Moderne CI-Verfahren zur Zeitreihenanalyse. In: MIKUT, R. (Hrsg.) ; REISCHL, M. (Hrsg.): *Proc. 18th Workshop Computational Intelligence*, Universitätsverlag, Karlsruhe, 2008, S. 136–150
- [Beielstein u. a. 2003a] BEIELSTEIN, Thomas ; EWALD, Claus-Peter ; MARKON, Sandor: Optimal Elevator Group Control by Evolution Strategies. In: CANTÚ-PAZ, E. (Hrsg.) u. a.: *Proceedings Genetic and Evolutionary Computation Conf. (GECCO 2003), Chicago IL, Part II* Bd. 2724. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2003 (Lecture Notes in Computer Science), 1963–1974
- [Beielstein u. Markon 2002] BEIELSTEIN, Thomas ; MARKON, Sandor: Threshold Selection, Hypothesis Tests, and DOE Methods. In: FOGEL, D. B. (Hrsg.) u. a.: *Proceedings 2002 Congress on Evolutionary Computation (CEC'02) Within Third IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI'02), Honolulu HI*. Piscataway NJ : IEEE, 2002, S. 777–782
- [Beielstein u. a. 2003b] BEIELSTEIN, Thomas ; MARKON, Sandor ; PREUSS, Mike: A Parallel Approach to Elevator Optimization Based on Soft Computing. In: IBARAKI, T. (Hrsg.): *Proceedings 5th Metaheuristics International Conference (MIC'03)*. Kyoto, Japan, 2003, S. 07/1–07/11 (CD-ROM)
- [Beielstein u. a. 2003c] BEIELSTEIN, Thomas ; MEHNEN, Jörn ; SCHÖNEMANN, Lutz ; SCHWEFEL, Hans-Paul ; SURMANN, Tobias ; WEINERT, Klaus ; WIESMANN, Dirk: Design of evolutionary algorithms and applications in surface reconstruction. Version: 2003. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-05609-7_6. In: SCHWEFEL, H.-P. (Hrsg.) ; WEGENER, I. (Hrsg.) ; WEINERT, K. (Hrsg.): *Advances in Computational Intelligence—Theory and Practice*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2003. – DOI 10.1007/978-3-662-05609-7_6, S. 145–193
- [Beume u. a. 2007] BEUME, N. ; NAUJOKS, B. ; EMMERICH, M.: SMS-EMOA: Multiobjective selection based on dominated hypervolume. In: *European Journal of Operational Research* 181 (2007), Nr. 3, S. 1653–1669
- [Coello Coello u. a. 2007] COELLO COELLO, C. A. ; VAN VELDHUIZEN, D. A. ; LAMONT, G. B.: *Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems*. 2nd. Springer, New York, 2007
- [Deb 2001] DEB, K.: *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. 1. New York NY : Wiley, 2001 (Wiley-Interscience Series in Systems and Optimization)

- [Deb u. a. 2002] DEB, K. ; PRATAP, A. ; AGARWAL, S. ; MEYARIVAN, T.: A Fast and Elitist Multiobjective Genetic Algorithm: NSGA-II. In: *IEEE Transactions on Evolutionary Computation* 6 (2002), Nr. 2, S. 182–197
- [Ehrgott 2005] EHRGOTT, M.: *Multicriteria Optimization*. Springer, Berlin, 2005
- [Flasch u. a. 2010a] FLASCH, O. ; BARTZ-BEIELSTEIN, Th. ; DAVTYAN, A. ; KOCH, P. ; KONEN, W. ; OYETOYAN, T.D. ; TAMUTAN, M.: Comparing SPO-tuned GP and NARX prediction models for stormwater tank fill level prediction. In: FOGEL, Gary et a. (Hrsg.): *Proc. IEEE Congress Evolutionary Computation (CEC)*, 2010, S. 1579–1586
- [Flasch u. a. 2010b] FLASCH, Oliver ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; DAVTYAN, Artur ; KOCH, Patrick ; KONEN, Wolfgang ; OYETOYAN, Tosin D. ; TAMUTAN, Michael: Comparing CI Methods for Prediction Models in Environmental Engineering. In: FOGEL, G et a. (Hrsg.): *Proc. 2010 Congress on Evolutionary Computation ({CEC}'10) within {IEEE} World Congress on Computational Intelligence ({WCCI}'10), Barcelona, Spain*. Piscataway NJ : IEEE Press, 2010
- [Flasch u. a. 2009] FLASCH, Oliver ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; KOCH, Patrick ; KONEN, Wolfgang: Genetic Programming Applied to Predictive Control in Environmental Engineering. In: HOFFMANN, Frank (Hrsg.) ; HÜLLERMEIER, Eyke (Hrsg.): *Proceedings 19. Workshop Computational Intelligence*. Karlsruhe : KIT Scientific Publishing, 2009, S. 101–113
- [Koch u. a. 2010a] KOCH, P. ; KONEN, W. ; HEIN, K.: Gesture Recognition on Few Training Data using Slow Feature Analysis and Parametric Bootstrap. In: *2010 International Joint Conference on Neural Networks*, 2010
- [Koch u. a. 2010b] KOCH, Patrick ; KONEN, Wolfgang ; FLASCH, Oliver ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Optimization of Support Vector Regression Models for Stormwater Prediction. In: HOFFMANN, F. (Hrsg.) ; HÜLLERMEIER, E. (Hrsg.): *Proceedings 20. Workshop Computational Intelligence*, Universitätsverlag Karlsruhe, 2010, S. 146–160
- [Koch u. a. 2010c] KOCH, Patrick ; KONEN, Wolfgang ; FLASCH, Oliver ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Optimizing Support Vector Machines for Stormwater Prediction. In: BARTZ-BEIELSTEIN, T. (Hrsg.) ; CHIARANDINI, M. (Hrsg.) ; PAQUETE, L. (Hrsg.) ; PREUSS, M. (Hrsg.): *Proceedings of Workshop on Experimental Methods for the Assessment of Computational Systems joint to PPSN2010*. TU Dortmund, 2010 (TR10-2-007), 47–59
- [Konen u. Bartz-Beielstein 2008] KONEN, W. ; BARTZ-BEIELSTEIN, T.: Internationaler DATA-MINING-CUP (DMC) mit studentischer Beteiligung des Campus Gummersbach / FH Köln. 2008. – Forschungsbericht
- [Konen u. a. 2007] KONEN, W. ; BARTZ-BEIELSTEIN, T. ; WESTENBERGER, H.: Computational Intelligence und Data Mining – Datenanalyse und Prozessoptimierung am Beispiel Kläranlagen / FH Köln. 2007. – Forschungsbericht
- [Konen u. a. 2009] KONEN, W. ; ZIMMER, T. ; BARTZ-BEIELSTEIN, T.: Optimized Modelling of Fill Levels in Stormwater Tanks Using CI-based Parameter Selection Schemes (in german). In: *at-Automatisierungstechnik* 57 (2009), Nr. 3, S. 155–166. <http://dx.doi.org/10.1524/auto.2009.0756>. – DOI 10.1524/auto.2009.0756
- [Kordon 2006] KORDON, Arthur: Evolutionary computation at Dow Chemical. In: *SIGEVOlution* 1 (2006), Nr. 3, S. 4–9. <http://dx.doi.org/http://doi.acm.org/10.1145/1181964.1181965>. – DOI <http://doi.acm.org/10.1145/1181964.1181965>

- [Markon u. a. 2001] MARKON, Sandor ; ARNOLD, Dirk V. ; BÄCK, Thomas ; BEIELSTEIN, Thomas ; BEYER, Hans-Georg: Thresholding—A selection operator for noisy ES. In: KIM, J.-H. (Hrsg.) ; ZHANG, B.-T. (Hrsg.) ; FOGEL, G. (Hrsg.) ; KUSCU, I. (Hrsg.): *Proceedings 2001 Congress on Evolutionary Computation (CEC'01)*, Seoul. Piscataway NJ : IEEE, 2001, S. 465–472
- [Markon u. a. 2006] MARKON, Sandor (Hrsg.) ; KITA, Hajime (Hrsg.) ; KISE, Hiroshi (Hrsg.) ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas (Hrsg.): *Modern Supervisory and Optimal Control with Applications in the Control of Passenger Traffic Systems in Buildings*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2006
- [Mehnen u. a. 2007] MEHNEN, Jörn ; MICHELITSCH, Thomas ; LASARCZYK, Christian ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: Multi-objective evolutionary design of mold temperature control using DACE for parameter optimization. In: *International Journal of Applied Electromagnetics and Mechanics* 25 (2007), Nr. 1–4, 661–667. <http://iospress.metapress.com/content/751K5GG10P79Q501>
- [Miettinen 1999] MIETTINEN, K.: *Nonlinear Multiobjective Optimization*. Kluwer Academic Publishers, Boston, 1999
- [Poli u. a. 2008] POLI, Riccardo ; LANGDON, William B. ; MCPHEE, Nicholas F.: *A field guide to genetic programming*. Published via <http://lulu.com> and freely available at <http://www.gp-field-guide.org.uk>, 2008. – (With contributions by J. R. Koza)
- [Santner u. a. 2003] SANTNER, T. J. ; WILLIAMS, B. J. ; NOTZ, W. I.: *The Design and Analysis of Computer Experiments*. Berlin, Heidelberg, New York : Springer, 2003
- [Smits u. Vladislavleva 2006] SMITS, G. ; VLADISLAVLEVA, E.: Ordinal Pareto Genetic Programming. In: YEN, Gary G. (Hrsg.) u. a.: *Proceedings of the 2006 IEEE Congress on Evolutionary Computation*. Vancouver, BC, Canada : IEEE Press, 16-21 Juli 2006, 3114–3120
- [Vladislavleva 2008] VLADISLAVLEVA, Ekaterina: *Model-based Problem Solving through Symbolic Regression via Pareto Genetic Programming*, Tilburg University, Diss., 2008
- [Weinert u. a. 2004] WEINERT, Klaus ; MEHNEN, Jörn ; MICHELITSCH, Thomas ; SCHMITT, Karlheinz ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas: A Multiobjective Approach to Optimize Temperature Control Systems of Molding Tools. In: *Production Engineering Research and Development, Annals of the German Academic Society for Production Engineering XI* (2004), Nr. 1, S. 77–80
- [Wessing u. a. 2010] WESSING, S. ; BEUME, N. ; RUDOLPH, G. ; NAUJOKS, B.: Parameter Tuning Boosts Performance of Variation Operators in Multiobjective Optimization. In: SCHAEFER, R. (Hrsg.) u. a.: *Parallel Problem Solving from Nature (PPSN XI)*, Springer, Heidelberg, 2010, S. 728–737
- [Worden u. a. 2007] WORDEN, Keith ; FARRAR, Charles R. ; MANSON, Graeme ; PARK, Gyuhae: The fundamental axioms of structural health monitoring. In: *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science* 463 (2007), Nr. 2082, 1639–1664. <http://dx.doi.org/10.1098/rspa.2007.1834>. – DOI 10.1098/rspa.2007.1834
- [Ziegenhirt u. a. 2010] ZIEGENHIRT, Jörg ; BARTZ-BEIELSTEIN, Thomas ; FLASCH, Oliver ; KONEN, Wolfgang ; ZAEFFERER, Martin: Optimization of Biogas Production with Computational Intelligence—A Comparative Study. In: FOGEL, Gary et a. (Hrsg.): *Proc. 2010 Congress on Evolutionary Computation (CEC'10) within IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI'10)*, Barcelona, Spain. Piscataway NJ : IEEE Press, 2010, S. 3606–3613

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung