

HOCHSCHULE  
KONSTANZ  
TECHNIK, WIRTSCHAFT  
UND GESTALTUNG

AUSGABE 2014

ISSN 1619-9812

# FORUM

Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz

TECHNIK WIRTSCHAFT GESTALTUNG

**INHALTE:** Modellierung und Generierung von Testdaten für datenbankbasierte Anwendungen | Einfluss erhöhter Einsatztemperaturen auf die Verschleiss- und Korrosionseigenschaften von randschichtgehärteten austenitischen Stählen | Observer-based fault detection of pneumatically driven axes | Thread-Sicherheit von objektorientierten Klassen und Programmen | Anforderungen an ein effektives Compliance Management | Noteninflation | sowie: **Expertenprofile, Projekte, Studienangebot**

# WIR LENKEN PRESTA.

Das Markengefühl in Lenkgefühl übersetzen. Mit unserem Gespür für jede Marke entwickeln wir aus Daten ein immer neues Fahrerlebnis. In jeder Sekunde und auf jedem Terrain. Wir sind ThyssenKrupp Presta. Gemeinsam bauen wir die innovativsten Lenksysteme der Welt.

Aktiviere deine Sinne für Presta: [www.thyssenkrupp-presta.com](http://www.thyssenkrupp-presta.com)

Wayne Pang, Testingenieur Fahrversuch, Prestianer seit 2011



ThyssenKrupp Presta Steering



ThyssenKrupp

## HOCHSCHULE KONSTANZ

### VORWORT

*Prof. Dr. Oliver Haase, Vizpräsident Forschung*

### MODELLIERUNG UND GENERIERUNG VON TESTDATEN FÜR DATENBANKBASIERTE ANWENDUNGEN

*Christian Baranowski, Thomas Fox, Oliver Haase, Nikolaus Moll, Jürgen Wäsch*

### STUDIENANGEBOT

*Bachelor- und Master-Studiengänge, Promotion*

### EXPERTEN

*Expertenprofile der Professorinnen und Professoren*

## TECHNIK

### EINFLUSS ERHÖHTER EINSATZTEMPERATUREN AUF DIE VERSCHLEISS- UND KORROSIONSEIGENSCHAFTEN VON RANDSCHICHTGEHÄRTETEN AUSTENITISCHEN STÄHLEN

*Paul Gümpel, Jürgen Bührlé*

### OBSERVER-BASED FAULT DETECTION OF PNEUMATICALLY DRIVEN AXES

*Roland Nägele*

### THREAD-SICHERHEIT VON OBJEKTORIENTIERTEN KLASSEN UND PROGRAMMEN

*Oliver Haase*

## WIRTSCHAFT

### ANFORDERUNGEN AN EIN EFFEKTIVES COMPLIANCE MANAGEMENT

*Stephan Grüninger, Christine Butscher, Maximilian Jantz*

### NOTENINFLATION

*Leo Schubert*

## HOCHSCHULE KONSTANZ

### PROJEKTE

4	52
6	56
10	
12	64

### IMPRESSUM

#### Herausgeber:

Hochschule Konstanz Technik, Wirtschaft und Gestaltung  
Vizepräsident Forschung, Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase (v.i.S.d.LPrG.)  
www.htwg-konstanz.de ©Hochschule Konstanz

#### Redaktion:

Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung & Entwicklung,  
Anna Isele, Géraldine Kortmann-Sene M.A.

#### Fotos:

photo-spice.com, A. Selbach +B. Troll, A. Grütner/J. Flöter hinzu  
Titelfoto: Prof. Dr. Georg Umlauf (IOS)

#### Anschrift:

HTWG FORUM, Hochschule Konstanz, Brauneggerstraße 55,  
D-78462 Konstanz, Tel. +49 (0)7531 206-325, Fax +49 (0)7531 206-436,  
burger@htwg-konstanz.de

#### Satz und Anzeigenverwaltung:

Hohentwiel Verlag & Internet GmbH,  
Dr.-Andler-Str. 28, D-78224 Singen, Tel. 0 7731/9 12 31-0, Fax 0 7731/9 12 31-30  
www.hohentwielverlag.de, info@hohentwielverlag.de

#### Druck und Weiterverarbeitung:

Schätzl Druck + Medien, D-86609 Donauwörth  
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare, ISSN 1619-9812, Ausgabe 2014;  
Internetausgabe: ISSN 1611-3748

# VORWORT

*Prof. Dr. Oliver Haase, Vizepräsident Forschung*

Dank des großen Engagements unserer Professorinnen und Professoren sind die Forschungsaktivitäten an der HTWG in den zurückliegenden Jahren konsequent angestiegen. Dies ist an der Anzahl von Veröffentlichungen in der Scientific Community genauso sichtbar wie an der verstärkten Einwerbung von Drittmitteln. Im vergangenen Jahr wurde mit 95 Projekten unterschiedlichen Umfangs eine Drittmittelsumme von 3,3 Millionen Euro eingeworben. Die Mittel kommen sowohl aus ausgeschriebenen Förderprogrammen der öffentlichen Hand als auch aus Industrieforschungsprojekten. Während Landesmittel stagnieren, hat sich der Anteil eingeworbener privater Mittel leicht erhöht, die Projektmittel des Bundes, der DFG sowie der EU sind auf stabilem Niveau. Aus den wissenschaftlichen Arbeiten entstanden 149 schriftliche Publikationen und zahlreiche Fachvorträge. Die HTWG ist als forschungsstarke Hochschule nachweislich anerkannt – eine Voraussetzung für ihre Mitgliedschaft im Verband European University Association – EUA.

Ich sehe in der Forschung eine tragende Säule unserer Hochschule, die unseren Studierenden in der anwendungsorientierten Lehre und Weiterbildung erweiterte Perspektiven und Innovationspotential eröffnet. Nicht zuletzt erfüllen wir mit unseren Forschungsaktivitäten, mit Wissens- und Technologietransfer, einen gesellschaftlichen Auftrag, der uns im Landeshochschulgesetz zugeteilt ist. Nicht ohne Stolz möchte ich auch auf unseren Beitrag zur Förderung wissenschaftlichen Nachwuchses hinweisen: Im November 2014 konnten wir 46 Promovierende zählen, die an der HTWG forschen. Sie können vom Austausch in unserem kooperativen Promotionskolleg profitieren, in das sowohl Forschende aus drittmittelfinanzierten Projekten als auch Stipendiaten aufgenommen werden.

Seit Juli 2014 gestalte ich als Vizepräsident Forschung und Transfer die Forschungsstrategie der HTWG mit. Nach elf Jahren in diesem Amt möchte ich mein Vorgänger Prof. Dr. Gunter Voigt wieder stärker der Lehre und eigener Forschungsarbeit widmen. Ich möchte das FORUM nutzen, ihm für sein großes Engagement zu danken. Er wird sich auch weiter für Forschung an Hochschulen für angewandte Wissenschaften stark machen – nicht nur als Direktor des Instituts für Angewandte Forschung – IAF der HTWG: Im Oktober haben die Leiter der Institute für angewandte Forschung der HAW in Baden-Württemberg Prof. Dr. Voigt zu ihrem Sprecher gewählt. Kraft dieses Amtes ist er auch Mitglied der AG IV. Dieses elfköpfige Gremium ist unter anderem zuständig für konzeptionelle Fragen, Grundsätze der Mittelverteilung und die Bewertung der Forschungsberichte der HAWs im Land. Es wirkt als eine Interessenvertretung der forschenden Hochschulen zwischen Hochschulrektorenkonferenz und Ministerium. Ich freue mich sehr, dass die HTWG mit Prof. Dr. Voigt einen äußerst kompetenten Kenner der Forschungslandschaft in diesen Gremien stellt.

Unseren Partnern in der Wirtschaft, in Hochschulen und Instituten möchte ich im Namen der gesamten Hochschule für das uns entgegengebrachte Vertrauen herzlich danken.

Es liegt an uns, die Hochschulmitglieder und unsere Partner über unsere Forschung zu informieren. Das vorliegende Magazin soll seinen Beitrag dazu leisten. Es gibt einen Überblick über die fachlich breit aufgestellten Forschungstätigkeiten an unserer Hochschule. Ich wünsche Ihnen viele neue Erkenntnisse und Freude beim Lesen des aktuellen FORUM!



# CHALLENGING PERSPECTIVES

A world of opportunities  
for your career

[www.jobs.airbus-group.com](http://www.jobs.airbus-group.com)

Airbus Defence and Space bietet Ihnen auch ganz in der Nähe zur HTWG Konstanz an unserem Standort Friedrichshafen zahlreiche spannende Einstiegsmöglichkeiten. Insbesondere für die Studiengänge Elektro- / bzw. Informationstechnik, Informatik, Maschinenbau, Wirtschaftswissenschaften und Physik.

**AIRBUS**  
GROUP



**Christian Baranowski**

ist bei der SEITENBAU GmbH verantwortlich für die Software-Qualitätssicherung. Er ist Lehrbeauftragter an der HTWG und Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Dr. Thomas Fox**

ist bei der SEITENBAU GmbH als Softwareentwickler, technischer Projektleiter und Softwarearchitekt tätig. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Prof. Dr. Oliver Haase**

ist Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.



**Nikolaus Moll**

war als Mitarbeiter im Seerhein-Lab tätig und fertigte in diesem Kontext auch seine Master Thesis im Master-Studiengang Informatik der HTWG an.



**Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

ist Professor für Datenbanksysteme und E-Business Technologien an der Fakultät Informatik der HTWG Konstanz. Er ist Mitglied im Leitungsteam des Seerhein-Labs.

## MODELLIERUNG UND GENERIERUNG VON TESTDATEN FÜR DATENBANKBASIERTE ANWENDUNGEN

*Christian Baranowski, Thomas Fox, Oliver Haase, Nikolaus Moll, Jürgen Wäsch*

### ABSTRACT

In dieser Arbeit wird ein Ansatz zur Vereinfachung der Spezifikation von Testdaten für Datenbankbasierte Anwendungen vorgestellt. Dies beinhaltet eine DSL zur einfachen und übersichtlichen Beschreibung von Daten und deren Beziehungen sowie einen Generator zur automatischen Erzeugung von Testdaten.

Die beschriebene Arbeit wurde im Rahmen des Seerhein-Labs durchgeführt. Das Seerhein-Lab<sup>1</sup> ist eine Kooperation der HTWG Konstanz und der SEITENBAU GmbH.

### 1 PROBLEMSTELLUNG UND ANSATZ

Softwaretests sind ein wichtiger Baustein für die Qualitätssicherung von Softwareprojekten. Für Tests von Datenbankbasierten Anwendungen müssen u.a. Testdaten für die Datenbank spezifiziert werden, auf deren Basis das Verhalten der zu testenden Software geprüft werden kann. Die Spezifikation dieser Testdaten ist leider augenblicklich sehr umfangreich und komplex und somit aufwändig und fehleranfällig. Die Komplexität ergibt sich v.a. aus der Beschreibung der Beziehungen zwischen den einzelnen Entitäten. Diese unterliegen einer Menge komplexer fachlicher Regeln, die sich aus dem Domänenmodell und der Geschäftslogik der Anwendung ergeben.

Übergreifendes Ziel der hier beschriebenen Arbeit war es, die Spezifikation von Testdaten für Datenbankbasierte Java-Anwendungen zu vereinfachen. Hierzu wurde zum einen eine geeignete Domänenspezifische Sprache (DSL) für Testdaten entwickelt. Zum anderen wurde ein Generator zur automatischen Erzeugung von Testdaten implementiert. Basis der Entwicklungsarbeiten war die Java-Bibliothek Simple Test Utils for JUnit & Co. (STU) zur Vereinfachung von Unit-Tests für Java-Anwendungen. STU steht unter der Apa-

che License 2.0 und wird federführend von der SEITENBAU GmbH entwickelt.

Abb. 1 gibt einen Überblick über den gewählten, modellgetriebenen Ansatz. Ausgangspunkt ist eine formale Beschreibung des relationalen Datenbankschemas (Details siehe [Mol13]). Diese kann mittels eines Tools (nicht in der Abbildung dargestellt) manuell erstellt bzw. aus einer existierenden Datenbank extrahiert und ergänzt werden. Aus der Schemabeschreibung wird die Schemaabhängige Testdaten-DSL generiert. Diese DSL kann dann von den Testern genutzt werden, um verschiedene Testdaten-Sets zu beschreiben und diese mittels STU in ihre Unit-Tests einzubinden. Die Testdaten-Sets werden bei den Tests durch das STU-Framework automatisch in die Datenbank eingespielt. Auf Basis der Schemabeschreibung können auch in der DSL beschriebene Testdaten-Sets generiert werden. Die generierten Testdaten können ggfls. vor Verwendung noch angepasst werden.

### 2 TESTDATEN-DSL

Es wurden verschiedene Ansätze zur Entwicklung einer DSL für Testdaten untersucht. Der Fokus lag u.a. auf der Fachlichkeit der Datenstruktur, der typischen Beschreibung der Testdaten und der einfachen Spezifikation von Beziehungen zwischen Entitäten. Untersucht wurden verschiedene XML-basierte Darstellungen, wie z.B. in DbUnit benutzt, programmatische Spezifikationen und tabellarische Beschreibungsformen. Nach einer Evaluation wurde eine tabellarische Beschreibungsform gewählt. Diese Art der Testdatenmodellierung ist übersichtlich und syntaktisch einfach. Die grundlegende Idee stammt vom Testframework Spock [N+12]. Die EBNF der DSL ist in [Mol13] zu finden.

Listing 1 zeigt beispielhaft die Testdaten-DSL für eine Bücherverwaltung (Datenbankschema siehe Abb. 2 oben). In der tabellarischen Darstellung (`tables`) enthält die erste Zeile die Spaltennamen

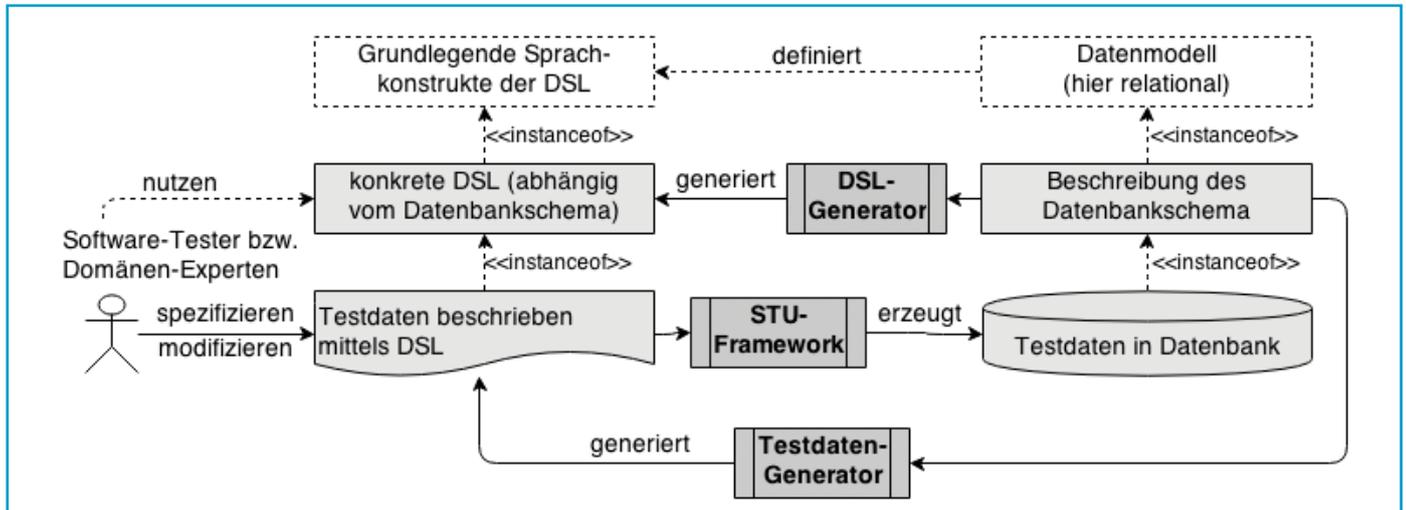


ABB. 1: Überblick über den gewählten Ansatz.

der Tabelle, die anderen Zeilen enthalten die einzufügenden Daten. Die erste Spalte einer Datenzeile enthält jeweils einen symbolischen Namen (REF) für den Tabelleneintrag, der zur Referenzierung und somit Spezifikation von Beziehungen (relations) zwischen Datensätzen genutzt werden kann.

Die Implementierung der Testdaten-DSL basiert auf der dynamischen Programmiersprache Groovy und verwendet Laufzeit-Metaprogrammierung in Verbin-

dung mit Operator-Überladen [Mol13]. Die DSL kann eingebettet zusammen mit Java in den Tests (z.B. mit JUnit) genutzt werden und integriert sich sehr gut in gängige IDEs wie Eclipse. Die Spaltennamen sind in der DSL definiert, so dass Autovervollständigung unterstützt wird. Über die REF-Namen können Beziehungen typischer modelliert und konkrete Werte abgefragt werden. Details zur Implementierung, zur Generierung der DSL für ein Datenbankschema und zur Nutzung der DSL in Softwaretests mit STU sind in [Mol13] zu finden.

### 3 GENERIERUNG VON TESTDATEN

Zielsetzung war die Generierung von möglichst kleinen Testdaten-Sets, die für möglichst viele fachliche Tests verwendet werden können, d.h. eine hohe Testabdeckung bieten. Eine umfassende Literaturanalyse und die Evaluation existierender Werkzeuge ergab, dass bisher keine passende Lösung für diese Anforderung existiert. Aus diesem Grund wurde ein neuer Algorithmus zur Testdatengenerierung entworfen. Anleihen konnten dabei aus [HTWo6] gezogen werden. Idee ist, durch Nutzung von Äquivalenzklassen und das gezielte Generieren von Grenzfällen bei Beziehungen eine hohe Testabdeckung zu erreichen.

Der Algorithmus betrachtet das Datenbankschema als Graph. Tabellen stellen Knoten, Beziehungen (Fremdschlüssel) stellen Kanten dar. Da assoziative Tabellen ebenfalls Beziehungen ausdrücken, werden diese als besondere Kanten behandelt. Ausgehend von einem beliebigen Startknoten werden die Kanten und die damit verbundenen Knoten rekursiv traversiert. Der Algorithmus erzeugt zu jeder Kante Entitäten der beteiligten Tabellen und mindestens Beziehungen für alle Kombinationen der unteren und oberen Grenz-

```

1  class BookDatabaseGroovyDataset extends BookDatabaseBuilder {
2  def tables() {
3      buchTable.rows {
4          REF          name
5          CLEANCODE    "Clean Code"
6          EFFECTIVEJAVA "Effective Java"
7          DESIGNPATTERNS "Design Patterns" }
8      verlagTable.rows {
9          REF          name
10         PRENTICE      "Prentice Hall International"
11         ADDISONWESLEY "Addison-wesley" }
12     autorTable.rows {
13         REF          vorname      nachname
14         UNCLEBOB     "Robert C."  "Martin"
15         BLOCH        "Joshua"    "Bloch"
16         GAMMA        "Erich"      "Gamma"
17         HELM         "Richard"   "Helm"
18         JOHNSON     "Ralph"     "Johnson"
19         VLISSIDES   "John"      "Vlissides" }
20     }
21     def relations() {
22         PRENTICE.verlegt(CLEANCODE)
23         ADDISONWESLEY.verlegt(EFFECTIVEJAVA, DESIGNPATTERNS)
24         CLEANCODE.geschriebenVon(UNCLEBOB)
25         EFFECTIVEJAVA.geschriebenVon(BLOCH)
26         DESIGNPATTERNS.geschriebenVon(GAMMA, HELM, JOHNSON, VLISSIDES)
27     }
28 }

```

LISTING 1: Beispiel eines mittels DSL beschriebenen Testdaten-Sets.

werte, entsprechend den spezifizierten Unter- und Obergrenzen. Gleichzeitig wird versucht, die Anzahl der generierten Entitäten und Beziehungen zu minimieren. Aus diesem Grund werden auch nicht alle, über mehrere Kanten hinweg, mögliche Kombinationen berücksichtigt, da dies zu einer kombinatorischen Explosion führen würde.

Der Algorithmus soll an dem Datenbankschema aus Abb. 2 (UML-Darstellung mit Multiplizitäten) veranschaulicht werden. Als Startknoten wird im Beispiel Buch verwendet. Von hier aus werden alle Kanten besucht, hier angefangen mit der Kante (1..1:0..\*) zum Knoten Verlag. Um möglichst alle Grenzfälle bzw. Äquivalenzklassen abzudecken, wird erzeugt: (1) eine Verlags-Entität, die keine Bücher verlegt, (2) ein Verlag, der genau ein Buch verlegt und (3) ein Verlag, der viele Bücher veröf-

fentlicht<sup>2</sup>. Der Knoten Verlag hat keine nichtbesuchten Kanten, weshalb die Traversierung in Buch fortgesetzt wird mit der Kante zum Knoten BuchAutor (assoziative Tabelle, die eine 0..\*:1..\*-Assoziation zwischen Buch und Autor ausdrückt). Der Algorithmus sieht vor, die vier möglichen Min/Max-Kombinationen zwischen Buch und Autor zu generieren. Jede Beziehung zwischen einem Buch und einem Autor resultiert in einer Entität in der Tabelle BuchAutor. Existierende Entitäten in Buch und Autor werden für diese generierten Beziehungen soweit möglich wiederverwendet, bei Bedarf werden neue Entitäten in Buch und Autor generiert. Die Traversierung des Graph endet nun, da jede Kante besucht wurde

Allerdings sind einige der bis hierhin erzeugten Buch-Entitäten noch ungültig, da sie noch nicht zu einem Verlag gehören.

Solche Entitäten werden im letzten Schritt des Algorithmus behandelt. Alle Entitäten werden auf Gültigkeit bzgl. ihrer Beziehungen überprüft und bei Bedarf werden weitere Beziehungen und weitere Entitäten erzeugt. Abb. 2 stellt das im Beispiel generierte Testdaten-Set (Entitäten und ihre Beziehungen) grafisch dar.

Details zum Algorithmus (Pseudocode) und zur Java-Implementierung sind in [Mol13] zu finden. Evaluationen haben gezeigt, dass die generierten Testdaten unabhängig von der Reihenfolge der Traversierung und bzgl. des Datenbankschemas immer gültig sind. Zur Erzeugung der Werte von Entitäten wurden verschiedene Wertegeneratoren implementiert.

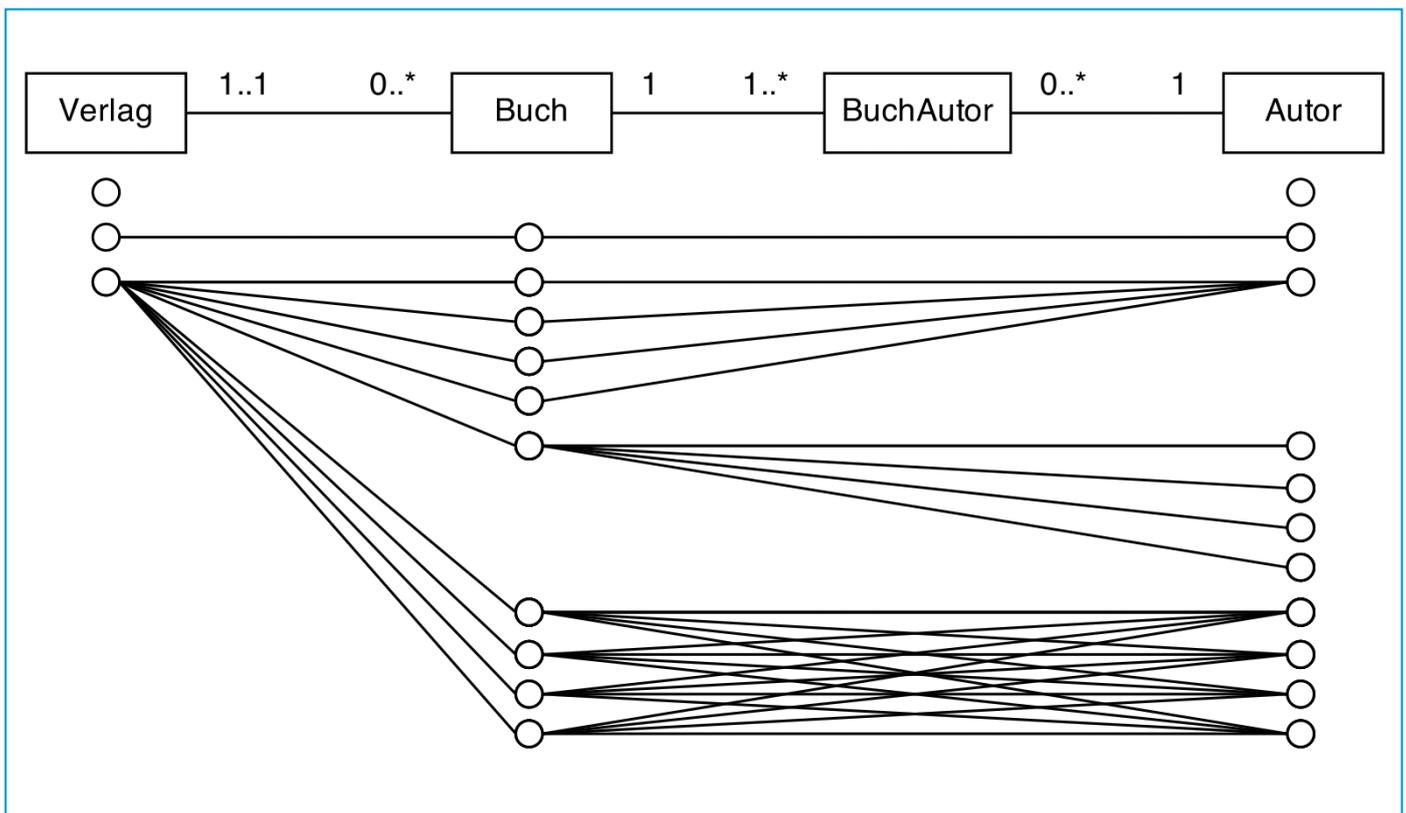


ABB. 2: Beispiel-Datenbankschema (in UML-Darstellung mit Multiplizitäten) und daraus generierte Entitäten und Beziehungen.

#### 4 FAZIT

Die in dieser Arbeit vorgestellten Konzepte und die daraus resultierende Software wurden in das vorhandene STU-Framework integriert. Der Code steht unter der Apache License 2.0 unter <https://github.com/seitenbau/stu/> zur Verfügung.

Die entwickelte Testdaten-DSL wurde bereits in der Qualitätssicherung von mehreren produktiven Softwareprojekten eingesetzt. Der Spezifikationsaufwand und die Fehlerrate konnte im Vergleich zur früheren Vorgehensweise deutlich reduziert werden. Der Testdatengenerator wurde dabei auf Datenbankschemata mit teilweise mehr als 80 Tabellen angewandt. Der Testdatengenerator konnte in jedem Fall einen konsistenten, übersichtlichen Testdaten-Set erzeugen, der eine sehr gute Startbasis für die Anwendungstests ergab.

---

#### FUSSNOTEN

[1]: [www.seerhein-lab.org/](http://www.seerhein-lab.org/)

[2]: Für \* wird ein konfigurierbarer Wert verwendet, im Beispiel 4.

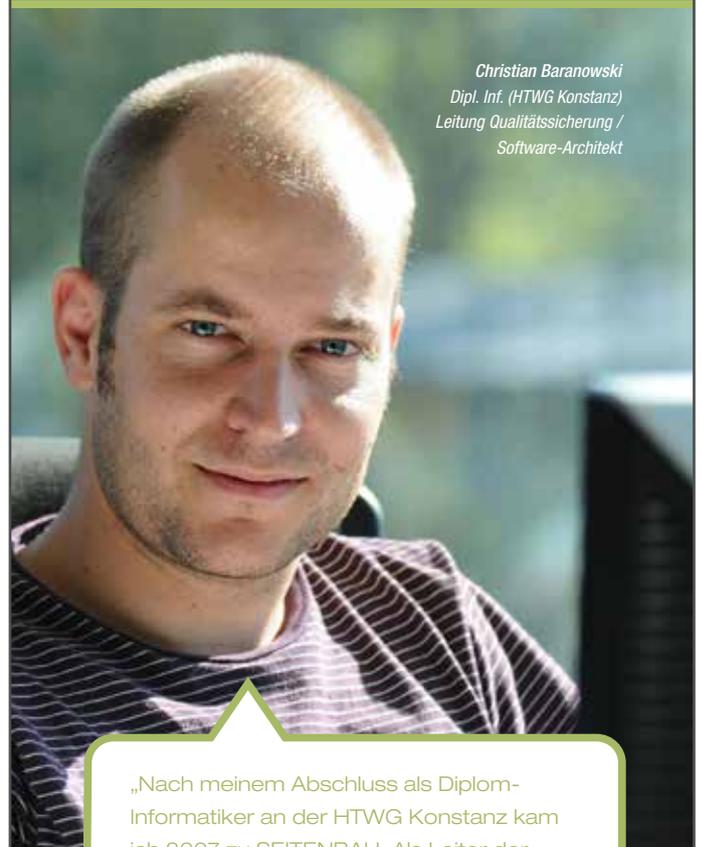
---

#### LITERATUR

[HTWo6] Kenneth Houkjaer, Kristian Torp und Rico Wind. Simple and realistic data generation. In Proceedings of the 32nd International Conference on Very Large Data Bases, 2006.

[Mol13] Nikolaus Moll. Testdaten-Modellierung und -Generierung für Datenbankbasierte Anwendungen. Masterthesis, HTWG Konstanz/SEITENBAU GmbH, Oktober 2013. <http://nikolaus-moll.de/Masterthesis.pdf>.

[N+12] Peter Niederwieser et al. Spock – the enterprise ready specification framework, 2012. <http://spockframework.org/>.



*Christian Baranowski  
Dipl. Inf. (HTWG Konstanz)  
Leitung Qualitätssicherung /  
Software-Architekt*

„Nach meinem Abschluss als Diplom-Informatiker an der HTWG Konstanz kam ich 2007 zu SEITENBAU. Als Leiter der QS-Abteilung und Software-Architekt arbeite ich mit agilen Methoden an Software-Lösungen für Kunden wie die Telekom AG, das Bundeskanzleramt und den Deutschen Bundestag. Zusätzlich dazu bin ich für SEITENBAU beim OSGi User's Forum Germany aktiv.“

Wir suchen immer wieder Mitarbeiter/-innen zur Verstärkung unseres Teams am Standort Konstanz. Die entsprechenden Jobangebote schreiben wir auf unserer Website sowie unserem Facebook- und XING-Firmenprofil aus.

Und natürlich können Sie sich auch einfach bei uns mit einer Initiativbewerbung melden. Interessiert? Schicken Sie Ihre aussagekräftigen Bewerbungsunterlagen einfach an:

[jobs@seitenbau.com](mailto:jobs@seitenbau.com)

[www.seitenbau.com](http://www.seitenbau.com) · [www.facebook.com/seitenbau](https://www.facebook.com/seitenbau)

[www.xing.com/companies/seitenbaugmbh](https://www.xing.com/companies/seitenbaugmbh)

# STUDIENANGEBOT

---

## BACHELOR-STUDIENGÄNGE

- Angewandte Informatik
- Architektur
- Automobilinformationstechnik
- Bauingenieurwesen
- Betriebswirtschaftslehre
- Elektrotechnik und Informationstechnik
- Gesundheitsinformatik
- Kommunikationsdesign
- Maschinenbau Konstruktion und Entwicklung
- Maschinenbau Entwicklung und Produktion
- Umwelttechnik und Ressourcenmanagement
- Verfahrenstechnik und Umwelttechnik
- Wirtschaftsinformatik
- Wirtschaftsingenieurwesen Bau
- Wirtschaftsingenieurwesen Elektro- und Informationstechnik
- Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau
- Wirtschaftsrecht
- Wirtschaftssprachen Asien und Management China | Südost- und Südasiens
- Wirtschaftssprache Deutsch und Tourismusmanagement

## MASTER-STUDIENGÄNGE

- Architektur
- Automotive Systems Engineering
- Bauingenieurwesen
- Business Information Technology
- Compliance and Corporate Governance (MBA, berufsbegleitend)
- Elektrische Systeme
- General Management (MBA, berufsbegleitend)
- Human Capital Management (MBA, berufsbegleitend)
- Informatik
- Internationales Management Asien
- Kommunikationsdesign
- Legal Management
- Mechanical Engineering and International Sales Management
- Mechatronik
- Packaging Technology
- Systems Engineering
- Umwelt- und Verfahrenstechnik
- Unternehmensführung
- Wirtschaftsingenieurwesen

## PROMOTION

- Kooperatives Promotionskolleg



# WELCOME TO OUR CREW!

Wärtsilä in Switzerland is the centre of excellence for low-speed 2-stroke marine diesel engines. These engines are utilized for the propulsion of all types of deep-sea ships world-wide, including the world's largest cargo ships. Our employees are working on all aspects of research and development, design, licensing, manufacturing support, marketing, sales and service support as well as global logistics. We give the highest priority to developing our people. Become a doer. Check out your opportunities at [wartsila.com/careers](https://www.wartsila.com/careers)



[WARTSILA.COM/CAREERS](https://www.wartsila.com/careers)



# EXPERTEN

## Expertenprofile der Professorinnen und Professoren

### FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

#### PROF. ANDREAS BECHTOLD

**Lehrgebiete:** Timebased-Design (Bewegt看bild im Kommunikationsdesign): Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und Filmgeschichte. **Forschungsgebiete:** Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.). **Spezielles Fachwissen:** Drehbuchautor und Kinderbuchautor

Tel.: +49 (0)7531 206857

E-Mail: bechtold@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR VOLKER FRIEDRICH

**Lehrgebiete:** Professur für Schreiben und Rhetorik, professionelles Schreiben, wissenschaftliches Schreiben, Rhetorik. **Forschungsgebiete:** Schreibrhetorik, Bild-Text-Wechselwirkungen, schriftliche Organisationskommunikation, Medientheorie. **Spezielles Fachwissen:** Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation

Tel.: +49 (0)7531 206659

E-Mail: fried@htwg-konstanz.de

#### PROF. OLIVER FRITZ

**Lehrgebiete:** Digitale Medien CAD/CAM und Architekturdarstellung. **Forschungsgebiete:** CAD/CAM, computerunterstützte Gestaltungs- und Simulationsprozesse, Building Information Modelling, Darstellungsmethodik, Mass Customization, Partizipationsmodelle. **Spezielles Fachwissen:** Parametrik, Simulation, Visualisierung, Datenvisualisierung, Gebäudegeometrie

Tel.: +49 (0)7531 206536

E-Mail: oliver.fritz@htwg-konstanz.de

#### PROF. MYRIAM GAUTSCHI

**Lehrgebiete:** Entwerfen, Innenraumgestaltung, Ausbautechnologie. **Forschungsgebiete:** Raum-Wahrnehmung, Material und Raum, Licht und Raum, Charlotte Perriand

Tel.: +49 (0)7531 206586

E-Mail: gautschi@htwg-konstanz.de



#### PROF. JUDITH GRIESHABER

**Lehrgebiete:** Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. **Forschungsgebiete:** Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell, Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. **Spezielles Fachwissen:** Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing

Tel.: +49 (0)7531 206851

E-Mail: grieshab@htwg-konstanz.de

#### PROF. KARIN KAISER

**Lehrgebiete:** Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. **Spezielles Fachwissen:** Editorial Design, Corporate Design, interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design)

Tel.: +49 (0)7531 206854

E-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

#### PROF. JOSEF LENZ

**Lehrgebiete:** Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen), Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). **Spezielles Fachwissen:** Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte

Tel.: +49 (0)7531 206188

E-Mail: lenz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROLF NEDDERMANN

**Lehrgebiete:** Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion. **Forschungsgebiete:** Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen

Tel.: +49 (0)7531 206688

E-Mail: rolf.neddermann@htwg-konstanz.de

#### PROF. LEONHARD SCHENK

**Lehrgebiete:** Städtebau und Entwerfen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Innenentwicklung, Brachflächenrecycling (Reduzierung der Flächeninanspruchnahme); Alternative Wohnformen, z.B. Baugemeinschaftsmodelle, Zukunft der Bürgerstadt. **Spezielles Fachwissen:** Stadtplanung, (Auszeichnung: Deutscher Städtebaupreis 2001), Wohnungsbau, Landschaftsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206183

E-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

#### PROF. EBERHARD SCHLAG

**Lehrgebiete:** Architektur und Design, Kommunikation im Raum, Design und Raum **Forschungsgebiete:** Mediale Raumstrategien „Mediatektur“ **Spezielles Fachwissen:** Museums- und Ausstellungsgestaltung, Szenografie, Integrative Gestaltung von Architektur und Ausstellung, Einsatz von (interaktiven) Medien im Ausstellungsdesign, Entwicklung von Museums- und Ausstellungskonzepten, Inszenierung von Events und Messeauftritten

Tel.: +49 (0)7531 206185

E-Mail: eberhard.schlag@htwg-konstanz.de

#### PROF.DR.-ING. ANDREAS SCHWARTING

**Lehrgebiete:** Baugeschichte und Architekturtheorie. **Forschungsgebiete:** Baugeschichte des 20. Jahrhunderts, Konstruktionsgeschichte der Architektur der Moderne, Umgang mit Bauten der Moderne, Historiografie der modernen Architektur. **Spezielles Fachwissen:** Architektur des Bauhauses, Denkmalpflege an Bauten der Moderne.

Tel.: +49 (0)7531 206199

E-Mail: andreas.schwarting@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. THOMAS STARK

**Lehrgebiete:** Energieeffizientes Bauen. **Forschungsgebiete:** Nachhaltige Energiekonzepte; Solares Bauen; Nachhaltige Architekturwettbewerbe. **Spezielles Fachwissen:** Gebäudeenergiekonzepte; Photovoltaik; Gebäudeintegration; Nachhaltigkeit im Bauwesen

Tel.: +49 (0)7531 206191

E-Mail: stark@htwg-konstanz.de

#### PROF. JO WICKERT

**Lehrgebiete:** Interfacedesign, Informationsdesign und Screen-design im Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Alternative Interfaces; Applikationsdesign; Aspekte der Qualifikation von Designern für On- und Offlinemedien. **Spezielles Fachwissen:** Markenauftritt für globale Unternehmen, Markenworkshops sowie CI/CD (hauptsächlich digital); New Devices; Unternehmenswebseiten

Tel.: +49 (0)7531 206857

E-Mail: wickert@htwg-konstanz.de

#### PROF. VALENTIN WORMBS

**Lehrgebiete:** Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign. **Forschungsgebiete:** Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. **Spezielles Fachwissen:** Künstlerische Druckverfahren

Tel.: +49 (0)7531 206773

E-Mail: wormbs@htwg-konstanz.de

## FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

#### PROF.DR.-ING. JOACHIM DACH

**Lehrgebiete:** Umwelttechnik mit den Teilgebieten Abfallwirtschaft, Umweltverfahrenstechnik und -chemie, Deponietechnik, Altlasten- und Bodenmanagement, Immissionsschutz.

**Forschungsgebiete:** Immissionsschutz an Sortier- und Aufbereitungsanlagen, Aufbereitung und Verwertung von Brennstoffen aus Abfällen. **Spezielles Fachwissen:** Mechanische- und biologische Aufbereitung, Behandlung und Recycling von Abfällen, Projektmanagement beim Bau umwelttechnischer Anlagen.

Tel.: +49 (0)7531 206522

E-Mail: jdach@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HEIKO DENK

**Lehrgebiete:** Massivbau und IT im Bauwesen. **Forschungsgebiete:** Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. **Spezielles Fachwissen:** Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau

Tel.: +49 (0)7531 206205

E-Mail: denk@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. WOLFGANG FRANCKE

**Lehrgebiete:** Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau. **Forschungsgebiete:** Brandschutztechnische Bemessung, Verbundbau, Stahlbau, Ingenieurholzbau, Stabilitätsprobleme (Biegedrillknicken, Plattenbeulen), Gesamtstabilität, Traglastuntersuchungen, statische und dynamische lineare und nicht lineare Bemessung, Schockbelastungen, virtuelle Experimente und Simulation in der Lehre. **Spezielles Fachwissen:** Brandschutztechnische Bemessung im Verbundbau; Industriehallen und Geschossbauten aus Holz, Stahl und Stahl-Beton-Verbund; Parkhäuser aus Stahl-Beton-Verbund; Nichtlineare Berechnungen (Gesamtstabilität, Biegedrillknicken, Plattenbeulen), transiente Einwirkungen

Tel.: +49 (0)7531 206217

E-Mail: francke@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. ANDREAS GROSSMANN

**Lehrgebiete:** Verkehrswesen. **Forschungsgebiete:** Betrieb und Erhaltung von Verkehrswegen. **Spezielles Fachwissen:** Straßenbetriebsdienst, Systematische Straßenerhaltung, Substanzbewertung von Verkehrsflächen

Tel.: +49 (0)7531 206215

E-Mail: agrossma@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. PETER HIRSCHMANN

**Lehrgebiete:** Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). **Forschungsgebiete:** Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. **Spezielles**

**Fachwissen:** Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik

Tel.: +49 (0)7531 206219

E-Mail: hirschma@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. BERND JÖDICKE

**Lehrgebiete:** Physik, Lichttechnik. **Forschungsgebiete:** Lichttechnik/Beleuchtung (Tageslicht, Licht und Mensch, Messung von Licht). **Spezielles Fachwissen:** Lichttechnik/Beleuchtungstechnik, Wärmeübertragungsmessung

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: joedicke@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KLAUS-PETER MESSMER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Baustatik. **Forschungsgebiete:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Berechnung von Platten- und Schalentragwerken

Tel.: +49 (0)7531 206207

E-Mail: messmerk@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WOLFGANG REITMEIER

**Lehrgebiete:** Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). **Forschungsgebiete:** Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. **Spezielles Fachwissen:** Aufstehende- und schwimmende Gründungen in weichen Böden; Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung

Tel.: +49 (0)7531 206224

E-Mail: reitmeier@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. UWE RICKERS

**Lehrgebiete:** Baubetrieb. **Forschungsgebiete:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management

Tel.: +49 (0)7531 206716

E-Mail: uwe.rickers@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. NAT. HABIL. BENNO ROTHSTEIN

**Lehrgebiete:** Ressourcenmanagement, Umwelt- und Geowissenschaften, Energiewirtschaft, Globaler Wandel. **Forschungsgebiete:** Erneuerbare Energien, Energiewende, Nachhaltige Energiekonzepte, Risiko- und Krisenmanagement, Anpassung an Klimawandel, massengutaffine Unternehmen. **Spezielles Fachwissen:** Ressourcenknappheit, Energie der Zukunft, Wasserstraßen der Zukunft, Klimawandel, Verwundbarkeit von Infrastrukturen

Tel.: +49 (0)7531 206714

E-Mail: rothstein@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HANS PETER SCHELKLE

**Lehrgebiete:** Immobilienwirtschaft, Immobilienmanagement, Projektentwicklung. **Forschungsgebiete:** Organisation im Immobilienmanagement, Life Cycle Engineering. **Spezielles Fachwissen:** Facility Management und Organisationsberatung, Lebenszyklusmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206164

E-Mail: schelkle@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MAIKE SIPPEL

**Lehrgebiete:** Nachhaltige Entwicklung, Nachhaltige Ökonomie, Nachhaltigkeitsorientierte BWL, Nachhaltigkeit & Gesellschaft, Green Cities, Projektmanagement. **Forschungsgebiete:** Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisationen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, umweltökonomische Instrumente. **Spezielles Fachwissen:** Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisationen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, umweltökonomische Instrumente

Tel.: +49 (0)7531 206460

E-Mail: maike.sippel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. SYLVIA STÜRMER

**Lehrgebiete:** Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. **Spezielles Fachwissen:** Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz

Tel.: +49 (0)7531 206225

E-Mail: stuermer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HORST WERKLE

**Lehrgebiete:** Baustatik und Baudynamik. **Forschungsgebiete:** Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik, Engineering Desktop Systeme in der Tragwerksplanung. **Spezielles Fachwissen:** Finite-Element-Berechnungen, baulastdynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen

Tel.: +49 (0)7531 206164

E-Mail: werkle@htwg-konstanz.de

#### PROF. FRANZ ZAHN, PH. D.

**Lehrgebiete:** Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie. **Forschungsgebiete:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. **Spezielles Fachwissen:** Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken

Tel.: +49 (0)7531 206216

E-Mail: zahn@htwg-konstanz.de

## FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

---

### PROF. DR.-ING. THOMAS BIRKHÖLZER

**Lehrgebiete:** Mathematik, Informatik, Software Engineering.  
**Forschungsgebiete:** Entwurfsmuster für objektorientierte Software, Architektur von vernetzten IT-Systemen (speziell im Gesundheitswesen), wahrscheinlichkeitsbasierte Modellierung von Wissen. **Spezielles Fachwissen:** IT-Architektur (Entwurf z.B. UML und Umsetzung), Prozessmodellierung, Software-Management, Innovations-Management, Medizintechnik und IT-Systeme für das Gesundheitswesen, Entwurf von wahrscheinlichkeitsbasierten Diagnosesystemen

Tel.: +49 (0)7531 206239

E-Mail: [thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.birkhoelzer@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR.-ING. GREGOR BURMBERGER

**Lehrgebiete:** Programmieren, Grundlagen der Elektrotechnik, Automobile Bussysteme, Fahrzeugtechnik (Elektronik), Embedded Systems, Mikrocontroller, VHDL-Design. **Forschungsgebiete:** Embedded Systems, Mikrocontroller-Systeme, Automobile Bussysteme (speziell FlexRay), CPLD-, FPGA- und ASIC-Design, Schaltungsentwurf, Prozessor- und Systemarchitekturen. **Spezielles Fachwissen:** Bussysteme, FlexRay, Automobilelektronik, Platinenlayout, Systementwicklung, FPGA-Boards

Tel.: +49 (0)7531 206255

E-Mail: [gregor.burmberger@htwg-konstanz.de](mailto:gregor.burmberger@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. WILHELM FROMM

**Lehrgebiete:** Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS), Schutz- und Stationsleittechnik, Programmieren. **Forschungsgebiete:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen). **Spezielles Fachwissen:** Schutz- und Stationsleittechnik (Automatisierung in Schaltanlagen)

Tel.: +49 (0)7531 206368

E-Mail: [fromm@htwg-konstanz.de](mailto:fromm@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR.-ING. HARALD GEBHARD

**Lehrgebiete:** Kommunikations- und Medientechnik, Kommunikationsnetze, Elektronische Navigation und Positionierung. **Forschungsgebiete:** Lokale GNSS-Dienste (GPS, GLONASS, Galileo). **Spezielles Fachwissen:** IP-Protokolle und Netze, Echtzeit Multimedia in IP-basierten Netzen, Echtzeitübertragung von GNSS-Daten in IP-basierten Netzen

Tel.: +49 (0)7531 206270

E-Mail: [harald.gebhard@htwg-konstanz.de](mailto:harald.gebhard@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. MANFRED GEKELER

**Lehrgebiete:** Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. **Forschungsgebiete:** Leistungselektronik,

Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control. **Spezielles Fachwissen:** Leistungselektronik, Power Factor Correction (PFC), Solarwechselrichter, Soft Switching, Vector Control, Stromrichter, Frequenzumrichter, Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS), Permanentmagnet-Motoren

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: [gekeler@htwg-konstanz.de](mailto:gekeler@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. THOMAS GÖLLINGER

**Lehrgebiete:** Energiewirtschaft, Wirtschaftswissenschaftliche Grundlagen, Organisation, Nachhaltige Ökonomie, insbesondere Energie und Mobilität. **Forschungsgebiete:** Ökologische Ökonomie, Evolutionsökonomik, Innovations-Management, Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung und Nachhaltigkeits-Management, Systemisches Management, Energiewirtschaft, E-Mobility, Pfadabhängigkeit. **Spezielles Fachwissen:** Systemische Moderations-, Modellierungs- und Vernetzungs-Tools, systemdynamische Modellierung, betriebl. und kommunale Klimaschutz- und Energie-Strategien, systemische Innovationen

Tel.: +49 (0)7531 206704

E-Mail: [thomas.goellinger@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.goellinger@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. WERNER KLEINHEMPEL

**Lehrgebiete:** Signalverarbeitung, Simulation, rechnergestützter Schaltungsentwurf. **Forschungsgebiete:** Entwurf, Konzeption und Simulation von nachrichtentechnischen Systemen, Entwicklung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Filteralgorithmen, Verfahren zur Spektralanalyse, Multiraten-Signalverarbeitung), Entwurf und Realisierung digitaler Filter. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf, Konzeption und Realisierung der digitalen Signalverarbeitungs-komponenten von Funksystemen und von Radarsystemen

Tel.: +49 (0)7531 206260

E-Mail: [kleinhempel@htwg-konstanz.de](mailto:kleinhempel@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. FLORIAN LANG

**Lehrgebiete:** Angewandte Physik. **Spezielles Fachwissen:** Automobil-Sensorik, mikromechanische Sensoren, optische Messverfahren, Laserphysik, Laser-Materie-Wechselwirkung, Phasenübergänge, Projektmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206774

E-Mail: [florian.lang@htwg-konstanz.de](mailto:florian.lang@htwg-konstanz.de)

### PROF. DR. IRENE LAU

**Lehrgebiete:** Mathematik, Stochastik/Statistik, Physik. **Forschungsgebiete:** Algebra, Darstellungstheorie, algebraische Zahlentheorie.

Tel.: +49 (0)7531 206375

E-Mail: [irene.lau@htwg-konstanz.de](mailto:irene.lau@htwg-konstanz.de)

#### PROF.DR. BURKHARD LEHNER

**Lehrgebiete:** Informatik, Programmiersprachen, Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Moderne Software-Entwicklung, grafische Benutzeroberflächen, GPU-Programmierung, Computergrafik, Computational Geometry, Optimierungsverfahren, Computer und Kunst, Tetraeder-Netze, optische 3D-Messtechnik. **Spezielles Fachwissen:** CAD/CAM in der Dentalmedizin.

Tel.: +49 (0)7531 206494

E-Mail: burkhard.lehner@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RICHARD LEINER

**Lehrgebiete:** Mikrocontroller, Graphische Programmiersprachen (in Englisch), CAE. **Forschungsgebiete:** Anwendung von Photovoltaik und Brennstoffzellen in Booten und zugehöriges Energiemanagement. **Spezielles Fachwissen:** Energiemanagement in Booten, Messdatenerfassung über Internet, LabVIEW, CAE (analog), Filterentwicklung (analog)

Tel.: +49 (0)7531 206244

E-Mail: leiner@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JOHANNES REUTER

**Lehrgebiete:** Regelungstechnik; Simulation. **Forschungsgebiete:** Regelung schnell schaltender Aktuatoren, insbesondere Magnetventile; Autonome Mobile Systeme, Schwerpunkt: Target Tracking und Data Association; Sensorik und Sensormodellierung; Optimierung von Betriebsstrategien unter Unsicherheit. **Spezielles Fachwissen:** Nichtlineare Regelungsverfahren mechatronischer Systeme; Probabilistische Filterung und Datenzuordnung (KF, PDAF, PDAB, MHT); Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme für Regelung und Simulation

Tel.: +49 (0)7531 206266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CHRISTOPH SCHICK

**Lehrgebiete:** Hochfrequenztechnik, Analoge Schaltungstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik. **Spezielles Fachwissen:** Integrierte Hochfrequenzschaltungen (RFICs), Mikrowellen-Schaltungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206657

E-Mail: christoph.schick@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WOLFGANG SKUPIN

**Lehrgebiete:** Kommunikationstechnik, Mobilfunk, Mobilkommunikation, CDMA-Technik, GPS. **Forschungsgebiete:** Wireless LANs, mobiler Datenfunk, Verkehrsbelastungsszenarien (Kommunikationsverkehr). **Spezielles Fachwissen:** Navigation/Funknavigation/SATNAV, CDMA-Systeme, Wireless LANs

Tel.: +49 (0)7531 206257

E-Mail: skupin@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. GUNTER VOIGT

**Lehrgebiete:** Hochspannungstechnik, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Energieübertragung und -verteilung, Messtechnik. **Forschungsgebiete:** Optimierung von Isolationssystemen, Methoden der Hochspannungsprüf- und -messtechnik. **Spezielles Fachwissen:** Untersuchung von Isolationssystemen, Hochspannungsprüf- und -messtechnik

Tel.: +49 (0)7531 206510

E-Mail: gvoigt@htwg-konstanz.de

#### PROF.DR. MATTHIAS WERNER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Personalführung, Betriebliche Organisation, Projektmanagement, Performance Management. **Forschungsgebiete:** Messung und Verbesserung von Unternehmensleistung, Business Excellence in Organisationen, Unternehmenskooperationen, Strategisches Management, Internationales Management. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung, EFQM, Qualitätsmanagement insb. TQM, Supply Chain Management, Einkauf, Projektmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206747

E-Mail: matthias.werner@htwg-konstanz.de

### FAKULTÄT INFORMATIK

---

#### PROF. DR. OLIVER BITTEL

**Lehrgebiete:** Programmierertechnik, Algorithmen u. Datenstrukturen, KI-Programmierung, neuronale Netze u. Fuzzy Logic, Robotik. **Forschungsgebiete:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter. **Spezielles Fachwissen:** Neuronale Netze und Fuzzy Logic, mobile autonome Roboter, insbesondere Einsatz von neuronalen Netzen u. Fuzzy Logic in Navigationssystemen (GPS, Loran-C)

Tel.: +49 (0)7531 206626

E-Mail: bittel@htwg-konstanz.de



#### PROF. DR. MARKO BOGER

**Lehrgebiete:** Software Architektur, Software Engineering, Moderne Programmiersprachen, Entrepreneurship, Projektmanagement.

**Forschungsgebiete:** Modellgetriebene Softwareentwicklung (MDSO), Graphische Modellierungswerkzeuge, Domänenspezifische Sprachen (DSL). **Spezielles Fachwissen:** MDSO, UML, Scala, Xtext, Xtend, Spray

Tel.: +49 (0)7531 206631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HEIKO VON DRACHENFELS

**Lehrgebiete:** Software-Entwicklung, Programmierertechnik (mit C++), Objektorientierte Systementwicklung (mit C++, Java, UML).

**Forschungsgebiete:** Produktivitätssteigerung in der Software-Entwicklung durch Standard-Architekturen und Entwurfsmuster, Software-Generierung, Fachsprachen, objektorientierte Renovierung von Altlasten. **Spezielles Fachwissen:** Verteilte Systeme, Software-Architektur, Software-Engineering, 10 Jahre Praxiserfahrung damit in der Postautomatisierung

Tel.: +49 (0)7531 206643

E-Mail: drachenfels@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLIVER ECK

**Lehrgebiete:** Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung.

**Spezielles Fachwissen:** Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme

Tel.: +49 (0)7531 20600

E-Mail: eck@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WILHELM ERBEN

**Lehrgebiete:** Statistik, Logik(-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. **Forschungsgebiete:** Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. **Spezielles Fachwissen:** Timetabling/Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel

Tel.: +49 (0)7531 206507

E-Mail: erben@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MATTHIAS FRANZ

**Lehrgebiete:** Mustererkennung, Bildverarbeitung, Algorithmen und Datenstrukturen. **Forschungsgebiete:** Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, kognitive Systeme, Steganalyse. **Spezielles Fachwissen:** Bild- und Texturmodellierung, automatisches Design von Bildverarbeitungssystemen, Steganalyse in Bildern, maschinelles Lernen auf Bildern, Statistik natürlicher Szenen, optische Flussanalyse

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. JÜRGEN FREUDENBERGER

**Lehrgebiete:** Kommunikationstechnik, Schaltungstechnik, Regelungstechnik, Multimedia. **Forschungsgebiete:** Sprachsignalverarbeitung, Übertragungstechnik, Informations- und Codierungstheorie. **Spezielles Fachwissen:** Mobilfunkstandards Bluetooth, GSM und UMTS, Simulationssoftware Matlab, Softwareentwicklung für DSP-Systeme, Freisprech- und Sprachbediensysteme, Kfz-Multimedia

Tel.: +49 (0)7531 206647

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HABIL. JÜRGEN GARLOFF

**Lehrgebiete:** Analysis, numerische Mathematik. **Forschungsgebiete:** Globale Optimierung, wissenschaftliches Rechnen mit automatischer Ergebnisverifikation, Matrix-Analysis, robuste Regelung, numerische lineare Algebra. **Spezielles Fachwissen:** Rundungsfehlerkontrolle, Matrix-Analysis, robuste Regelung, Polynomiale Gleichungs- und Ungleichungssysteme, restringierte globale Optimierung.

Tel.: +49 (0)7531 20600

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MICHAEL GRÜTZ

**Lehrgebiete:** Betriebliche Systemanalyse/Systemplanung, betriebliche Systemforschung/Operations Research/Logistikinformationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel, Informationsmanagement, Projektmanagement. **Forschungsgebiete:** Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modelle (Operations Research, Expertensysteme, Simulation) im Besonderen im Bereich Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich Gesundheitsökonomie/Krankenhauswesen. **Spezielles Fachwissen:** Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungplanung), Entwicklung eines Programmpaketes zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Beschichtungsanlagen

Tel.: +49 (0)7531 20600

E-Mail: gruetz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLIVER HAASE

**Lehrgebiete:** Verteilte Systeme und Software Engineering. **Forschungsgebiete:** Peer-To-Peer-Netze, automatische Software-Distribution. **Spezielles Fachwissen:** Kommunikationsmiddlewared, Java RMI, CORBA, Jini, Mobility, Peer-To-Peer-Infrastrukturen, Chord, Java Webstart

Tel.: +49 (0)7531 206720

E-Mail: haase@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ULRICH HEDTSTÜCK

**Lehrgebiete:** Simulation, Algorithmen und Datenstrukturen, theoretische Informatik, künstliche Intelligenz. **Forschungsgebiete:** Simulation (Simulationssoftware für ereignisorientierte Simulationen, Virtual-Reality-Simulationen), Natural Language Processing. **Spezielles Fachwissen:** Ereignisorientierte Simulation, Virtual-Reality-Systeme, Natural Language Processing, Expertensysteme

Tel.: +49 (0)7531 206508

E-Mail: [hdstueck@htwg-konstanz.de](mailto:hdstueck@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. ELKE-DAGMAR HEINRICH

**Lehrgebiete:** Mathematik, Statistik, theoretische Informatik, graphische Algorithmen, Informations- und Codierungstheorie. **Forschungsgebiete:** Entwicklung von Algorithmen, Gender Studies (Förderung des Technikinteresses). **Spezielles Fachwissen:** Anwendung algebraischer Methoden, Einsatz von Computeralgebra

Tel.: +49 (0)7531 206343

E-Mail: [heinrich@htwg-konstanz.de](mailto:heinrich@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. CHRISTIAN JOHNER

**Lehrgebiete:** Software-Engineering, Software-Qualitätssicherung, Software-Architekturen. **Forschungsgebiete:** Qualitätssicherung medizinischer Software, Datamining in der Medizin, Integration medizinischer Informationssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Medizinische Informatik, Software im Gesundheitswesen, Qualitätssicherung medizinischer Software

Tel.: +49 (0)7531 206597

E-Mail: [cjohner@htwg-konstanz.de](mailto:cjohner@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. HANNO LANGWEG

**Lehrgebiete:** Software-Entwicklung, Cloud Computing, IT-Sicherheit, Sichere Software-Entwicklung. **Forschungsgebiete:** Malware-resistente Software, proaktive IT-Forensik. **Spezielles Fachwissen:** IT-Sicherheit, Sichere Software-Entwicklung, Netzwerke für Erfahrungsaustausch.

Tel.: +49 (0)7531 2069024

E-Mail: [hanno.langweg@htwg-konstanz.de](mailto:hanno.langweg@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MICHAEL MÄCHTEL

**Lehrgebiete:** Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. **Forschungsgebiete:** Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Low Power Scheduling. **Spezielles Fachwissen:** Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Embedded Systems

Tel.: +49 (0)7531 206632

E-Mail: [maechte@htwg-konstanz.de](mailto:maechte@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. REINER MARTIN

**Lehrgebiete:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS). **Forschungsgebiete:** Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). **Spezielles Fachwissen:** IT-Projektmanagement und Teamarbeit, Produktionslogistik (PPS)

Tel.: +49 (0)7531 206509

E-Mail: [martin@htwg-konstanz.de](mailto:martin@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MARCO MEVIUS

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsinformatik, Modellierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, IT Service Management, Betriebswirtschaftslehre. **Forschungsgebiete:** Kennzahlenbasiertes Geschäftsprozessmanagement, Social Business Process Engineering, Cloud-basierte Geschäftsprozessimplementierung, Entwicklung nachhaltiger Informationssysteme (Green Software), Mobile Geschäftsprozesse, Schatten-IT. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und Implementierung von prozessbasierten Informationssystemen, Konzeption, Einführung und Betrieb von Kennzahlensystemen, Nachhaltigkeitsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206515

E-Mail: [marco.mevius@htwg-konstanz.de](mailto:marco.mevius@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. JÜRGEN NEUSCHWANDER

**Lehrgebiete:** Integriertes Netz- und System-Management, Rechnersysteme, Sicherheit in der Informationstechnik, Digitaltechnik. **Spezielles Fachwissen:** Netzwerk-Management von Kommunikationsnetzen, Entwurf digitaler Steuerungen (einschl. Mikroprozessoren), informationstechnische Sicherheit (Sicherheit beim E-Commerce), Projekt-Management (Methoden und Durchführung)

Tel.: +49 (0)7531 206648

E-Mail: [juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de](mailto:juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. CHRISTOPHER RENTROP

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Internes und externes Rechnungswesen, Controlling, Strategisches IT Management. **Forschungsgebiete:** Strategisches IT Management, IT Governance. **Spezielles Fachwissen:** IT Governance, Strategisches IT Management

Tel.: +49 (0)7531 206499

E-Mail: [rentrop@htwg-konstanz.de](mailto:rentrop@htwg-konstanz.de)





#### PROF. DR.-ING. IRENÄUS SCHOPPA

**Lehrgebiete:** Digitaltechnik, Digitale Systeme, Hardwarespezifikation mit VHDL, Hardware-Software Co-Design, Soft-Core-Prozessoren. **Forschungsgebiete:** Entwurfsautomatisierung in der Schaltwerkssynthese, applikationsspezifische Prozessoren und Controller in Embedded-Systemen, Hardwarebeschreibungssprachen. **Spezielles Fachwissen:** Entwurf und Synthese anwendungsspezifischer Schaltungen mit programmierbaren Logikbausteinen (FPGAs), Schaltungsdesign mit VHDL

Tel.: +49 (0)7531 206644

E-Mail: ischoppa@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RALF SEEPOLD

**Lehrgebiete:** Ubiquitous Computing, Betriebssysteme, Verteilte Systeme, Software Engineering, Programmierung. **Forschungsgebiete:** Telematik- und Multimedia-Gateways, Service-Architekturen, Integration mobiler Dienste, eHealth-/eCare-Anwendungen. **Spezielles Fachwissen:** Middleware-Gateways, Programmierung mobiler Endgeräte, Dienstintegration, verteilte Sensornetzwerke, Virtualisierung von Management-Umgebungen, Discovery-Protokolle

Tel.: +49 (0)7531 206633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. GEORG UMLAUF

**Lehrgebiete:** Computergrafik, Programmieren, Algorithmen und Datenstrukturen, CAD. **Forschungsgebiete:** Computergrafik, geometrisches Modellieren, CAD, CAM, CAGD, Reverse Engineering. **Spezielles Fachwissen:** Unterteilungsalgorithmen, Splines, 3D-Rekonstruktion, Flächen-Optimierung, Meshing, 3D-Simulationen

Tel.: +49 (0)7531 206451

E-Mail: umlauf@htwg-konstanz.de

#### PROF.DR. CHRISTIAN WACHE

**Lehrgebiete:** Grundlagen der Gesundheitsinformatik und Studienmethodik, Grundlagen der Medizin, Datenbank- und Informationssysteme, Medizinprodukterecht, Medizintechnik, Informationssysteme im Gesundheitswesen, Requirements und Usability Engineering, Telemedizin und E-Health. **Forschungsgebiete:** Krankenhausinformationssysteme, Arztpraxissysteme, Mobile eHealth, Ambient Assisted Living. **Spezielles Fachwissen:** Krankenhausinformationssysteme, Datenschutz, Medizinprodukterecht, Produktmanagement, CPOE, CDSS.

Tel.: +49 (0)7531 2069017

E-Mail: christian.wache@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. JÜRGEN WÄSCH

**Lehrgebiete:** Datenbank- und Informationssysteme, E-Business Technologien, Information Engineering. **Forschungsgebiete:** Innovative Datenbank-Anwendungen, Datenbank-Technologien, Verteilte Systeme und Peer-to-Peer-Netzwerke, Kollaborative Systeme und Soziale Netzwerke, Adaptive NAT-Traversierung. **Spezielles Fachwissen:** Datenbanksysteme, -technologien und -anwendungen, XML-Standards und -Technologien, Service-orientierte Architekturen und Web-Services, Business-to-Business-Integration, E-Business-Standards, Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge

Tel.: +49 (0)7531 206502

E-Mail: waesch@htwg-konstanz.de

### FAKULTÄT MASCHINENBAU

#### PROF. DR.-ING. GUIDO BALTES

**Lehrgebiete:** Strategic Management, Corporate Entrepreneurship, Strategische Innovation, Strategische Veränderung, Innovationsmarketing. **Forschungsgebiete:** Dynamische Strategieentwicklung, Strategiefokussiertes Kompetenzmanagement, Innovationslabor eArchitecture Lab. **Spezielles Fachwissen:** Strategieentwicklung, strategische Transition & Veränderung, kunden-zentrierte (demand-side) Innovation, strategisches Patentmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206310

E-Mail: gbaltes@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. POL. ULRICH BEHNEN

**Lehrgebiete:** Integriertes Produkt- und Prozessmanagement, softwarebasierte Prozessmodellierung, Informations- und Wissenssysteme, Corporate Entrepreneurship, diverse softwaregestützte Unternehmenssimulationen sowie Business Planning. **Forschungsgebiete:** Prozessmanagement, Prozessmodellierung, Produktmanagement, E-Business und Web-Technologien, Open Source Software, Ontologien für Semantische Web Services, Smart Sensors usw. **Spezielles Fachwissen:** PLM-basiertes integriertes Produkt- und Prozessmanagement, CRM, E-Business und Web-Technologien, Innovationsprozesse, Unternehmensentwicklung, Gründungsmanagement

Tel.: +49 (0)7531 206752

E-Mail: ulrich.behnen@htwg-konstanz.de



#### PROF. DR.-ING. UWE BEHRENDT

**Lehrgebiete:** Anlagentechnik, Prozessmaschinen, Projektmanagement, Mathematik, Innovationsmanagement. **Forschungsgebiete:** Hochdruckprozesspumpen, Dosiertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Prozesspumpen, Projektmanagement, Innovationsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206326  
E-Mail: behrendt@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. PETER BLOHM

**Lehrgebiete:** Konstruktionslehre. **Forschungsgebiete:** Anlagenbau, Walzwerkstechnik, Maschinenelemente. **Spezielles Fachwissen:** Blechbearbeitung, Blechschneiden, Anlagenbau  
Tel.: +49 (0)7531 206560  
E-Mail: blohm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. POL. THOMAS BÖTTCHER

**Lehrgebiete:** Unternehmensführung und Organisation, Personal Marketing. **Forschungsgebiete:** Personal- und Organisationsentwicklung, Change Management, Unternehmenskultur. **Spezielles Fachwissen:** Strategisches und operatives Change Management, Entwicklung und Gestaltung von Unternehmenskultur  
Tel.: +49 (0)7531 206753  
E-Mail: thomas.boettcher@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. LAZAR BOŠKOVIĆ

**Lehrgebiete:** Konstruktion und Berechnung. **Forschungsgebiete:** Strukturanalyse & Bauteiloptimierung mit Finite Element Methode (FEM), Betriebsfestigkeit. **Spezielles Fachwissen:** FEM, Festigkeitsberechnung, Ermüdungsfestigkeit, Bruchmechanik, Schraubenberechnung, Strukturmechanik, Parameteroptimierung  
Tel.: +49 (0)7531 206468  
E-Mail: lazar.boskovic@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MICHAEL BUTSCH

**Lehrgebiete:** Fahrzeugtechnik, Fahrzeuggetriebe. **Forschungsgebiete:** Fahrzeuggetriebe, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. **Spezielles Fachwissen:** Planetengetriebe, Fahrzeuggetriebe, Industriegetriebe  
Tel.: +49 (0)7531 206390  
E-Mail: butsch@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. ARNO DETTER

**Lehrgebiete:** Umwelttechnik und Chemie. **Forschungsgebiete:** Industrielle Wasser- und Abwassertechnik. **Spezielles Fachwissen:** Membrantrennverfahren, Adsorptionsverfahren, Reaktionstechnik  
Tel.: +49 (0)7531 206537  
E-Mail: detter@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MARTIN DOMM

**Lehrgebiete:** Mathematik, Rechnungswesen/Kostenrechnung für Ingenieure, Produktivitätsmanagement, Automatisierungstechnik. **Forschungsgebiete:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse; Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung. **Spezielles Fachwissen:** Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung, Produktionsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206280  
E-Mail: domm@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. NAT. KLAUS-DIETER DURST

**Lehrgebiete:** Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik. **Spezielles Fachwissen:** Sensortechnik, Akustik, exp. mechan. Spannungsanalyse (DMS-Technik), Messsignalerfassung, Signalanalyse, Programmierung von Messtechnik-Applikationen, Kalibriertechnik, Messstatistik, 3D-Koordinatenmesstechnik, interferometrische Messtechnik (Oberflächenmesstechnik)  
Tel.: +49 (0)7531 206344  
E-Mail: klaus-dieter.durst@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. LUDWIG EICHER

**Lehrgebiete:** Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre. **Spezielles Fachwissen:** Klimatechnik, insbesondere Luftentfeuchtung und Wassermanagement, Thermalanalyse, Systemengineering im Raumfahrtbereich  
Tel.: +49 (0)7531 206282  
E-Mail: eicher@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. RALF EISSLER

**Lehrgebiete:** Qualitätsmanagement, Statistik und Mathematik. **Forschungsgebiete:** Total Quality Management. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Lean Production und Six Sigma, Lean Management  
Tel.: +49 (0)7531 206323  
E-Mail: eissler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. RER. POL. MANFRED GLASER

**Lehrgebiete:** Buchführung und Jahresabschluss, Bilanzierung und Besteuerung, Finanzierung. **Forschungsgebiete:** Rechnungslegung und Besteuerung von KMU. **Spezielles Fachwissen:** Rechnungslegung und Besteuerung von KMU.  
Tel.: +49 (0)7531 206719  
E-Mail: mglaser@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. DR. H.C. PAUL GÜMPEL

**Lehrgebiete:** Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Korrosion und Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Mikrobiell induzierte Korrosion, Formgedächtnislegierungen, Korrosionsverhalten von NIRO-Stahl, Leistungsverhalten von Werkzeugen. **Spezielles Fach-**

**wissen:** Korrosionsverhalten von Stählen, nichtrostende Stähle, Werkzeugwerkstoffe, Verschleißverhalten von Werkstoffen

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KURT HEPPLER

**Lehrgebiete:** Mechanik, Maschinenkonstruktionslehre. **Spezielles Fachwissen:** Agrarsystemtechnik, Mobile Arbeitsmaschinen, Fördertechnik, mech. Verfahrenstechnik und Maschinenelemente

Tel.: +49 (0)7531 206321

E-Mail: kurt.heppler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. WERNER HOFACKER

**Lehrgebiete:** Thermische Verfahrenstechnik. **Forschungsgebiete:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien). **Spezielles Fachwissen:** Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien), numerische Thermo- und Fluidodynamik, Simulationstechnik, thermische Stofftrennung

Tel.: +49 (0)7531 206593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. UWE KOSIEDOWSKI

**Lehrgebiete:** Aktoren, Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, Elektronik in Fahrzeugen, Mechatronische Systeme in Fahrzeugen, Schaltungstechnik in mechatronischen Systemen, Programmierung von Mikrocontrollern, Grundlagen Elektrotechnik, Einführung in Matlab/Simulink. **Forschungsgebiete:** Modellbildung und Simulation von mechatronischen Systemen, Prüfeinrichtungen für Systeme der Fahrzeugelektronik, Steuerung und Regelung elektromechanischer Antriebssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung, Simulation und Regelung mechatronischer Systeme

Tel.: +49 (0)7531 206721

E-Mail: uwe.kosiedowski@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR.-ING. MARCUS KURTH

**Lehrgebiete:** Regelungs- und Systemtechnik. **Forschungsgebiete:** Automatisierung in der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung, Führung und Regelung von elektrischen Übertragungsnetzen, Optimierung von technischen und nichttechnischen Prozessen. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung, Simulation, Projektierung und Optimierung technischer und nichttechnischer Systeme.

Tel.: +49 (0)7531 206778

E-Mail: marcus.kurth@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. BURKHARD LEGE

**Lehrgebiete:** Konstruktionslehre, Maschinenelemente, CAD. **Forschungsgebiete:** Schienenfahrzeugtechnik (im Aufbau). **Spezielles**

**Fachwissen:** Schienenfahrzeugtechnik, Automatisierung von Schienenfahrzeugen, Lokomotivbau, Fahrwerkberechnung, internationale Zulassungsanforderungen für Schienenfahrzeuge

Tel.: +49 (0)7531 206309

E-Mail: lege@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANDREAS LOHMBERG

**Lehrgebiete:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Forschungsgebiete:** Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). **Spezielles Fachwissen:** Pumpen-, Verdichter- und Turbinenentwicklung, Computational Fluid Dynamics (CFD), numerische Strömungssimulation

Tel.: +49 (0)7531 206229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CARSTEN MANZ

**Lehrgebiete:** Unternehmensführung, Projektmanagement, Industriegütermarketing, Werkstofftechnik (Kunststoffe). **Forschungsgebiete:** Strategisches Management, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Faserverbundwerkstoffe. **Spezielles Fachwissen:** Projektmanagement, Unternehmensführung, Lasermaterialbearbeitung (Reinigen, Abtragen), Faserverbundtechnologie

Tel.: +49 (0)7531 206292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ROLAND NÄGELE

**Lehrgebiete:** Steuerungstechnik, Regelungstechnik. **Forschungsgebiete:** Strukturierte SPS-Programmierung, PC-based control (Soft-SPS), Prüfstandsautomatisierung, Frequenzmessungen und Modellierung. **Spezielles Fachwissen:** Zustandsbeobachter, Model-based fault detection, Optimierung der Zuverlässigkeit (dependability), elektronische Schaltungen, komplexe Messdaten-Analyse, z.B. Sprungdetektion

Tel.: +49 (0)7531 2060

E-Mail: roland.naegele@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANTONIUS SAX

**Lehrgebiete:** Konstruktion, Konstruktionslehre, Werkzeugmaschinen. **Spezielles Fachwissen:** Verzahnungen, Getriebe

Tel.: +49 (0)7531 206279

E-Mail: sax@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KERSTIN SCHAPER-LANG

**Lehrgebiete:** Volkswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftslehre, CRM – Customer Relationship Management, Managerial Economics, Betriebliche Informationssysteme. **Forschungsgebiete:** Innovationsmanagement, Corporate Identity – Organisationskultur, Kundenorientierung. **Spezielles Fachwissen:** Business-Coaching,



NLP, Wirtschaftsethik

Tel.: +49 (0)7531 206687

E-Mail: [kschaper@htwg-konstanz.de](mailto:kschaper@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. UDO SCHELLING

**Lehrgebiete:** Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Energietechnik. **Forschungsgebiete:** Brennstoffzellen, Wasserstofftechnik

Tel.: +49 (0)7531 206304

E-Mail: [schelling@htwg-konstanz.de](mailto:schelling@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. KAREN SCHIRMER

**Lehrgebiete:** Apparatebau (Apparate und Armaturen; Konstruktion und Berechnung); Technische Mechanik; Konstruktionslehre, CAD; Methodik und Risikobeurteilung im Konstruktions- und Entwicklungsprozess; Abgasnachbehandlung (automotive; Filter & Katalysatoren); Recycling. **Spezielles Fachwissen:** Methodik und Risikobeurteilung im Konstruktions- und Entwicklungsprozess; Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate & Armaturen, Abgasnachbehandlung.

Tel.: +49 (0)7531 206594

E-Mail: [karen.schirmer@htwg-konstanz.de](mailto:karen.schirmer@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. CARSTEN SCHLEYER

**Lehrgebiete:** Produktionsplanung, Produktionsnetzwerke, Lean Production, Materialwirtschaft, Produktionslogistik, betriebliche Informationssysteme. **Forschungsgebiete:** Prozess-Simulation, Lean Production, APS-Systeme, Wertschöpfungssysteme. **Spezielles Fachwissen:** Produktionsmanagement, Lean Production/Lean Management, Wertschöpfungssysteme, Produktionsplanung

Tel.: +49 (0)7531 206779

E-Mail: [carsten.schleyer@htwg-konstanz.de](mailto:carsten.schleyer@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. KLAUS SCHREINER

**Lehrgebiete:** Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik. **Forschungsgebiete:** Mini-Blockheizkraftwerke, Biodiesel auf dem Bodensee, Gasmotoren auf dem Bodensee, Motordiagnose, Motorsimulation. **Spezielles Fachwissen:** Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common Rail

Tel.: +49 (0)7531 206307

E-Mail: [schreine@htwg-konstanz.de](mailto:schreine@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. DIETER SCHWECHTEN

**Lehrgebiete:** Mechanische Verfahrenstechnik, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Konstruktion von Apparaten der Pharma- und Lebensmitteltechnik, Methoden der Verfahrenstechnik. **Spezielles Fachwissen:** Feststoffverfahrenstechnik, insbesondere Mahlen und Sichten, Herstellung, Veredelung und Analyse feiner und feinsten Partikel (trocken, nass), Online-Partikelmesstechnik und Probenahme Sortiertechnik, Aufbereitung und Recycling Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate, CAD

Tel.: +49 (0)7531 206535

E-Mail: [schwechten@htwg-konstanz.de](mailto:schwechten@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. PHILIPP STEIBLER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Simulation und Programmieren. **Forschungsgebiete:** Finite-Element-Simulation.

Tel.: +49 (0)7531 206727

E-Mail: [steibler@htwg-konstanz.de](mailto:steibler@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. JENS WEBER

**Lehrgebiete:** Technische Mechanik, Schwingungstechnik, MKS-Simulation, Mathematik, Modellbildung und Simulation. **Forschungsgebiete:** Dynamische Simulation hochwechselbelasteter Rädertriebe, Hochdruckpumpen und andere Motorkomponenten, MKS-Simulation, Stabilitätsuntersuchungen an Walzanlagen und Walzprozessen, nichtlineare Dynamik radial gekoppelter Rotoren.

**Spezielles Fachwissen:** Mehrkörpersysteme, nichtlineare Dynamik, Schwingungsmessung und -analyse, Signalanalyse, mathematische Modellbildung und Simulation, Numerik, FEM

Tel.: +49 (0)7531 206408

E-Mail: [jens.weber@htwg-konstanz.de](mailto:jens.weber@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. ANDREAS WILLIGE

**Lehrgebiete:** Fertigungstechnik, Werkstofftechnik, Oberflächentechnik. **Forschungsgebiete:** Schweißtechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik. **Spezielles Fachwissen:** Schweißtechnik (Schweißfachingenieur und Europäischer Schweißfachingenieur), Umformtechnik, Gießereitechnik, Oberflächentechnik Schadensanalyse (Sachverständiger)

Tel.: +49 (0)7531 206283

E-Mail: [willige@htwg-konstanz.de](mailto:willige@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR.-ING. REINHARD WINKLER

**Lehrgebiete:** Werkstofftechnik; Mathematik; Trenn- und Füge-technik; Technische Mechanik. **Forschungsgebiete:** Werkstofftechnik; Trenn- und Füge-technik. **Spezielles Fachwissen:** Werkstofftechnik: Leichtmetallwerkstoff Aluminium (Legierungsentwicklung, Space-Frame-Technologie), Trenn- und Füge-technik: Laserstrahlschweißen

Tel.: +49 (0)7531 206754

E-Mail: [rwinkler@htwg-konstanz.de](mailto:rwinkler@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIALWISSENSCHAFTEN

### PROF. DR. JUR. RAINER BAKKER

**Lehrgebiete:** Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), Internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). **Spezielles Fachwissen:** Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, Alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des E-Commerce  
Tel.: +49 (0)7531 206426  
E-Mail: bakker@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. JOCHEN BENZ

**Lehrgebiete:** Logistik (insbesondere Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. **Forschungsgebiete:** Management Informationssysteme und Business Intelligence. **Spezielles Fachwissen:** Management Informationssysteme und Business Intelligence, Simulation in der Logistik  
Tel.: +49 (0)7531 206125  
E-Mail: benz@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. ANDREAS BERTSCH

**Lehrgebiete:** Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach Handelsgesetzbuch (HGB) und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. **Forschungsgebiete:** Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivate und strukturierte Produkte, nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken  
Tel.: +49 (0)7531 206531  
E-Mail: bertscha@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. JUR. SUSANNE ENGELSING

**Lehrgebiete:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Systematik und Methoden der Rechtswissenschaft, BGB Allgemeiner Teil und Allgemeines Schuldrecht, Besonderes Schuldrecht, Deutsches und Europäisches Verfassungsrecht. **Forschungsgebiete:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht. **Spezielles Fachwissen:** Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchs-

musterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Presserecht, Lebensmittelkennzeichnungsrecht infolge über 13-jährigen Tätigkeit als Wirtschaftsrechtsanwältin in diesen Rechtsgebieten

Tel.: +49 (0)7531 206746

E-Mail: susanne.engelsing@htwg-konstanz.de

### PROF. PETER L. FRANKLIN

**Lehrgebiete:** Courses on Intercultural Business and Management Communication, current Research on Intercultural Business and Management Communication, Business Negotiation, Business Presentations, Business Writing, Business Terminology. **Forschungsgebiete:** Curriculum and media development in intercultural business and management communication, Cross-cultural management and marketing communication, Language teaching  
Tel.: +49 (0)7531 206396  
E-Mail: franklin@htwg-konstanz.de

### PROF. DR. STEPHAN GRÜNINGER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Managerial Economics, Compliance und Corporate Governance, Wirtschafts- und Unternehmensethik. **Forschungsgebiete:** Corporate Governance und Compliance Management, Fraud Risk Management & Fraud Investigation, Compliance Auditing & Monitoring, Wirtschaftsethik/Corporate Responsibility. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensführung und -überwachung, Aufdeckung und Prävention von Wirtschaftskriminalität, insbesondere Korruptionsbekämpfung, Compliance Management und Business Ethics.  
Tel.: +49 (0)7531 206251  
E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de



#### PROF. DR. OLIVER HAAG

**Lehrgebiete:** Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Bürgerliches Recht, Compliance, Corporate. **Forschungsgebiete:** Betriebsverfassung im Mittelstand, Rechtsverhältnisse von Gesellschaftern und Gesellschaften, Unternehmensnachfolge in Familienunternehmen, Compliance in kleinen und mittelständischen Unternehmen. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmensgründung und -nachfolge, Managerhaftung, Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Beteiligungsverwaltung, Compliance  
Tel.: +49 (0)7531 206452  
E-Mail: oliver.haag@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. MICHAEL HADAMITZKY

**Lehrgebiete:** Logistik, Supply Chain Management, Produktion. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management in der Automobilindustrie, Einkaufsstrategien im Mittelstand, FuE-Benchmarking im Maschinen- und Anlagebau. **Spezielles Fachwissen:** Logistik, Fertigungsoptimierung, Einkauf, Fabrikplanung, Restrukturierung, Innovationsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206341  
E-Mail: michael.hadamitzky@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KONSTANTIN HASSEMER

**Lehrgebiete:** Internationales Management, Supply Chain Management, Strategie + Kultur. **Forschungsgebiete:** Strategie und Kultur, Supply Chain Management in developing economies. **Spezielles Fachwissen:** Internationales Marketing, Beschaffungsmanagement  
Tel.: +49 (0)7531 206331  
E-Mail: hassemer@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. OLAF HOFFMANN

**Lehrgebiete:** Controlling, insbesondere Projektcontrolling, Rechnungswesen, Finanzierung & Investition. **Forschungsgebiete:** Controlling von Finanzdienstleistern sowie Projektcontrolling. **Spezielles Fachwissen:** Vernetzung zwischen Controllingkonzeption und IT-spezifischer Umsetzung, Bankencontrolling, Projektcontrolling  
Tel.: +49 (0)7531 206655  
E-Mail: ohoff@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KATRIN KLODT-BUSSMANN

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsprivatrecht, Öffentliches Wirtschaftsrecht. **Forschungsgebiete:** Internationales Vertragsrecht, Handels- und Gesellschaftsrecht, Vergaberecht. **Spezielles Fachwissen:** Gesellschaftsrechtliche Transaktionen im internationalen Konzern, insbesondere Umstrukturierungen, Gründungen von JVs etc., Internationale Projektverträge, insbesondere im Bereich Automotive  
Tel.: +49 (0)7531 206308  
E-Mail: Katrin.Klodt-Bussmann@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ANNETTE KLEINFELD

**Lehrgebiete:** Wirtschaft und Gesellschaft, insbesondere Wirtschafts- und Unternehmensethik, gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen/ Organisationen (C(S)R), verantwortliche Unternehmensführung, Werte- und Integritätsmanagement, praktische Philosophie und angewandte Ethik. **Forschungsgebiete:** CSR in den sog. BRICS-Staaten (Fokus aktuell: Indien), Gesellschaftliche Unternehmensverantwortung in mittelständischen und Familienunternehmen, gesellschaftlich/ethisch verantwortliche Unternehmensführung als Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und den Sustainable Development Goals, transkulturelles Wertemanagement. **Spezielles Fachwissen:** Unternehmenskultur und Kulturdiagnostik, wertorientierte Unternehmensführung und -steuerung; ISO 26000 und alle daraus abgeleiteten nationalen Fassungen – vom Entwicklungsprozess bis zur praktischen Anwendung.  
Tel.: +49 (0)7531 206404  
E-Mail: annette.kleinfeld@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. KLAUS KOHLÖFFEL

**Lehrgebiete:** Strategische Planung. **Spezielles Fachwissen:** Strategisches Management, internationale Strategieentwicklung, Coaching von Führungskräften  
Tel.: +49 (0)7531 206407  
E-Mail: kohl@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. CHRISTIAN KREKELER

**Lehrgebiete:** Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache der Wirtschaft für Studierende des Studienkollegs. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachenunterricht: Computereinsatz im Fremdsprachenunterricht, Sprachtests. **Spezielles Fachwissen:** Lehrerfortbildungen in der Moderationsmethode  
Tel.: +49 (0)7531 206395  
E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. ARTHUR KRÖNER

**Lehrgebiete:** Buchführung und Jahresabschluss, Kosten- und Leistungsrechnung, allgemeine bzw. Grundlagen der BWL; Existenzgründung, Controlling, Unternehmenskrisen. **Forschungsgebiete:** Unternehmensgründung, Kostenrechnung, (Prozesskostenrechnung), Zielsysteme. **Spezielles Fachwissen:** Total Quality Management, Gastronomie  
Tel.: +49 (0)7531 206550  
E-Mail: akroener@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. HEINZ MÜRDTER

**Lehrgebiete:** Wirtschafts- und Finanzmathematik, internationale Wirtschaftsbeziehungen. **Forschungsgebiete:** Theorie und Geschichte der Globalisierung, Ökonomik der Ölförderländer, New Systems Competition. **Spezielles Fachwissen:** Modellierung und

Simulation in Ökonomie und Demographie

Tel.: +49 (0)7531 206442

E-Mail: [muerdter@htwg-konstanz.de](mailto:muerdter@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MANFRED POLLANZ

**Lehrgebiete:** Betriebliches Rechnungswesen, Investition und Finanzierung, Geschäftsplanung und Unternehmensüberwachung, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Management Consulting. **Forschungsgebiete:** Risikoorientierter Prüfungsansatz, Risikomanagement, Risk Adjusted Balanced Scorecard, Internationale Rechnungslegung. **Spezielles Fachwissen:** Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung, Internationale Rechnungslegung, KMU-Beratung

Tel.: +49 (0)7531 206682

E-Mail: [pollanz@htwg-konstanz.de](mailto:pollanz@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. BERND RICHTER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, Organisation und Führung, Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Führung, Personal, Kommunikation

Tel.: +49 (0) 7531 206333

E-Mail: [bwl@htwg-konstanz.de](mailto:bwl@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. CLOTILDE ROHLEDER

**Lehrgebiete:** Innovation Management inkl. Product Lifecycle Management, Marketing, Betriebswirtschaftslehre, Mikro- Makro-ökonomie. **Forschungsgebiete:** Innovation Management, Product Lifecycle Management. **Spezielles Fachwissen:** Innovation Management, Product Lifecycle Management

Tel.: +49 (0)7531 206484

E-Mail: [clotilde.rohleder@htwg-konstanz.de](mailto:clotilde.rohleder@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. JAN-DIRK ROSCHE

**Lehrgebiete:** Veranstaltungen im Themenbereich: Personal, Organisation, Führung, Projekt-, Team-, Selbst-Management; Inhouse- und Outdoor-Veranstaltungen. **Forschungsgebiete:** Unternehmerisch orientierte Humancapital-, Leadership- und Organisationsentwicklung und -beratung; Orientierungs-/Assessment-Center, Life- & Work-Planung, Coaching. **Spezielles Fachwissen:** Tätigkeiten und Führungsaufgaben in international tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing sowie innovativer und strategischer Personal- und Organisationsentwicklung, Beratungs- und Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und gestaltpsychologischer Beratung und im Career Development

Tel.: +49 (0)7531 206403

E-Mail: [rosche@htwg-konstanz.de](mailto:rosche@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. LEO SCHUBERT

**Lehrgebiete:** Marketing, Statistik, Unternehmensforschung, Kreativität und Ideenmanagement, International Finance Markets.

**Forschungsgebiete:** Kapitalmarktforschung, Kundenzufriedenheitsforschung. **Spezielles Fachwissen:** Portfoliooptimierung, multivariate Datenanalyse

Tel.: +49 (0)7531 206429

E-Mail: [schubert@htwg-konstanz.de](mailto:schubert@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. STEFAN SCHWEIGER

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL mit Schwerpunkt industrielle Projektplanung und Prozessmanagement. **Forschungsgebiete:** Supply Chain Management, Servicemanagement im Maschinen- und Anlagenbau.

**Spezielles Fachwissen:** Change Management, Projektmanagement, Logistik/SCM, Servicemanagement (Maschinen-/Anlagenbau)

Tel.: +49 (0)7531 206443

E-Mail: [schweiger@htwg-konstanz.de](mailto:schweiger@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. MARC STRITTMATTER

**Lehrgebiete:** Bürgerliches Recht, Handelsrecht, Informationstechnologierecht, Vertragsmanagement, Datenschutzrecht, Urheberrecht. **Forschungsgebiete:** Cloud Computing, Datenschutzrecht, Internationales Privatrecht. **Spezielles Fachwissen:** Technisches Recht, insbesondere IT Projektvertragsrecht.

Tel.: +49 (0)7531 206755

E-Mail: [marc.strittmatter@htwg-konstanz.de](mailto:marc.strittmatter@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. GABRIELE THELEN

**Lehrgebiete:** Fachsprache Deutsch und interkulturelle Kommunikation. **Forschungsgebiete:** Interkulturelle Kommunikation, Deutsch als Fremdsprache. **Spezielles Fachwissen:** Fortbildungen im Bereich Krisenkommunikation, Konfliktmanagement und Verhandlungsführung.

Tel.: +49 (0)7531 206640

E-Mail: [gabriele.thelen@htwg-konstanz.de](mailto:gabriele.thelen@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. TATJANA THIMM

**Lehrgebiete:** Tourismusmanagement, Schwerpunkt Marketing. **Forschungsgebiete:** Destinationsmanagement, Nachhaltiger Tourismus, Kulturtourismus; regional: Indien, Bodensee. **Spezielles Fachwissen:** s. o.

Tel.: +49 (0)7531 206145

E-Mail: [tthimm@htwg-konstanz.de](mailto:tthimm@htwg-konstanz.de)

#### PROF. DR. WERNER VOLZ

**Lehrgebiete:** Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre; Betreuer des Arbeitskreises „Unternehmensrechnung und Steuern“. **Forschungsgebiete:** Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unterneh-

mensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. **Spezielles Fachwissen:** Umstellung der Rechnungslegung von Handelsrecht auf International Financial Reporting Standards in mittelständischen Unternehmen, Erarbeitung von Unternehmensnachfolgekzepten, Erstellung von Unternehmenswertgutachten, Entwicklung von Wegzugsbesteuerungskzepten in Niedrigsteuerggebiete (CH)

Tel.: +49 (0)7531 206405

E-Mail: volz@htwg-konstanz.de

#### PROF. DR. SHARON ZAHARKA

**Lehrgebiete:** Wirtschaftsenglisch, Technisches Englisch, Interkulturelle Kommunikation, Landeskunde USA. **Forschungsgebiete:** Fremdsprachendidaktik: Fachsprache Wirtschaft an Hochschulen, Interkulturelle Kommunikation. **Spezielles Fachwissen:** Fachsprache Wirtschaft, Interkulturelle Kommunikation bezogen auf USA

Tel.: +49 (0)7531 206487

E-Mail: zaharka@htwg-konstanz.de



# Bei Kendrion führen viele Wege zum Erfolg

Als innovatives, international aktives Unternehmen sind motivierte und qualifizierte Mitarbeiter die Basis unseres Erfolges. Durch die enge Zusammenarbeit mit Hochschulen bieten wir vor allem jungen Menschen vielseitige und interessante Aufgaben mit Zukunftsperspektive. Sie sind engagiert, haben Teamgeist und Lust auf eine Herausforderung?

Kendrion bietet vielfältige Karrierechancen:

- Abschlussarbeiten
- Praxissemester
- Werkstudententätigkeit

## Interessiert?

Wir freuen uns auf Ihre Bewerbungsunterlagen.

Kendrion (Markdorf) GmbH  
Matthias Gesell  
Riedheimer Straße 5  
88677 Markdorf  
[career.markdorf@kendrion.com](mailto:career.markdorf@kendrion.com)

**Sie finden uns auch in**  
78048 Villingen-Schwenningen  
78166 Donaueschingen  
23714 Malente  
72514 Inzigkofen-Engelswies



# EINFLUSS ERHÖHTER EINSATZTEMPERATUREN AUF DIE VERSCHLEISS- UND KORROSIONSEIGENSCHAFTEN VON RANDSCHICHTGEHÄRTETEN AUSTENITISCHEN STÄHLEN

Paul Gümpel, Jürgen Bührle



**Jürgen Bührle**  
Studium an der HTWG  
Konstanz,  
2005 Abschluss Dipl.-Ing.

(FH) Konstruktion und Entwicklung,  
2008 Abschluss M.Sc. Mechatronik,  
2008 bis 2011 Projekt bei Herrn Gümpel, woraus  
dieser Artikel stammt, seit 2011 bei Gautschi  
Engineering GmbH angestellt im Bereich  
Forschung und Entwicklung.



**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c.  
Paul Gümpel**

Studium der Metallkunde an  
der Technischen Univer-  
sität Clausthal, danach Industrietätigkeit im  
Forschungsbereich eines Edelstahlwerkes mit  
externer Promotion an der RWTH Aachen. Seit  
1989 Professor für Werkstoffkunde und Werk-  
stoffprüfung an der Fakultät Maschinenbau der  
HTWG Konstanz. Seit 2002 wissenschaftlicher  
Leiter des Instituts für Werkstoffsystemtechnik  
Thurgau an der Hochschule Konstanz

## ZUSAMMENFASSUNG

Nichtrostende Stähle mit hoher Korrosionsbeständigkeit sind in klassischer Weise nicht härtbar und daher gibt es beim Einsatz Probleme mit der Verschleißbeständigkeit. Das bekannteste auf dem Markt etablierte Verfahren zur Oberflächenhärtung von austenitischen und ferritisch-austenitischen NiRo-Stählen bei Erhaltung der Korrosionsbeständigkeit, das sogenannte Kolsterisieren, wird nur bis zu Einsatztemperaturen von max. 350 °C empfohlen. Bei höheren Temperaturen können insbesondere nach längeren Haltezeiten Gefügeveränderungen mit veränderten Materialeigenschaften eintreten. In dem durchgeführten Forschungsprojekt wurde die Eignung der Kombination aus Grundwerkstoff und Kolsterisierbehandlung einerseits und insbesondere das Verhalten dieses Werkstoffsystems bei einer Temperaturbelastung > 350 °C für mehrere Werkstoffe geprüft. Es konnte gezeigt werden, dass der Einfluss des Kolsterisierens auf den Verschleißwiderstand sehr deutlich ist und dass dieser Einfluss auch nach einer Temperaturbelastung bis zu 700 °C noch deutlich wirksam ist. Alle Eigenschaften werden durch eine hohe Temperaturbelastung verändert, wobei die Korrosionsbeständigkeit am empfindlichsten auf eine Temperaturbelastung reagiert. Die Veränderung der Korrosionsbeständigkeit sowie der übrigen Materialeigenschaften wird von der Kombination aus Grundwerkstoff und Oberflächenbehandlungsverfahren geprägt. Die Untersuchung hat sehr deutlich gezeigt, dass hier eine Kombination aus dem Grundwerkstoff 1.4539 und dem Kolsterisieren die besten Ergebnisse zeigt.

## STAND DER TECHNIK UND HINTERGRUND FÜR DIE UNTERSUCHUNG

Nichtrostende Stähle stellen für sehr viele Einsatzgebiete insgesamt eine sehr gute und nachhaltige Lösung dar und finden aufgrund ihrer guten Korrosionsbeständigkeit ein breites Einsatzgebiet.

Ausgehend von der Nachhaltigkeit des Einsatzes von Nichtrostenden Stählen werden diese vermehrt in neuen Anwendungsgebieten wie z.B. in der Automobilindustrie und im allgemeinen Maschinenbau eingesetzt. Der guten korrosiven Beständigkeit gegen eine Vielzahl von Chemikalien steht eine nur geringe Verschleißbeständigkeit gegenüber, da diese hochkorrosionsbeständigen austenitischen, ferritischen und/oder Duplexstähle aufgrund des fehlenden Umwandlungsverhaltens nicht härtbar sind. Die mechanischen Eigenschaften der meisten, insbesondere der Austenitischen Nichtrostenden Stähle sind daher gekennzeichnet durch eine geringe Härte und Verschleißbeständigkeit unter abrasiven und adhäsiven Beanspruchungsbedingungen sowie eine hohe Neigung zum Kaltverschweißen.

Die Härtbarkeit mittels konventioneller thermisch-chemischer Diffusionsverfahren ist eingeschränkt, da durch die Bildung von hochchromhaltigen Ausscheidungen wie Chromnitriden und/oder Chromcarbiden, eine Chromverarmung in der Matrix der randnahen Zone folgt und die Korrosionsbeständigkeit schwächt oder sogar eliminiert. Neue Prozesse in der Wärmebehandlung zielen darauf ab, eine Steigerung der Härte und Verbesserung der Verschleißbeständigkeit zu erzielen ohne Einfluss auf die Korrosionsbeständigkeit zu nehmen [1, 2, 3, 5]. Durch Diffusion von Kohlenstoff und/oder Stickstoff im Niedertemperaturbereich kann eine Härtesteigerung durch interstitielle Zwangseinlagerung der Fremdatome in der Matrix erzielt werden. Ein Niedertemperaturprozess zum Aufkohlen von austenitischen Stählen erzeugt eine aufgekohlte Randzone, in der Kohlenstoffatome in den Zwischengitterplätzen der kubisch-flächenzentrierten Raumzellen gelöst sind. GDOES-Messungen (Glow Discharge Optical Emission Spectroscopy) dieser Randzonen zeigen einen Kohlenstoffgehalt von mehreren Gew.-%, was deutlich über der maximalen Löslichkeit von C in Austeniten liegt. Röntgenographische

Untersuchungen geben keine Hinweise auf die Bildung von Chromkarbiden, allerdings zeigt sich eine Verschiebung der Gitterkonstanten, was auf eine Ausweitung des Gitters schließen lässt. Hierdurch entstehen hohe Druckeigenstressungen und einem damit verbundenen Härteanstieg in der aufgekohlten Randzone. In der Literatur wird diese Zone als „expanded austenite“ oder „S-Phase“ bezeichnet [6, 7]. Zahlreiche Untersuchungen belegen die Steigerungen der Verschleißbeständigkeit und den Erhalt der Korrosionsbeständigkeit durch diese Randzone. Diese Verfahren kommen bisher bei moderaten Anwendungstemperaturen kommerziell zum Einsatz und bieten die Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen vornehmlich in der Lebensmitteltechnik und der chemischen Industrie, also Bereichen, wo es zu chemisch-tribologischen Anforderungen bei Raumtemperatur kommt [4]. Einer Erweiterung des Einsatzgebietes auf höhere Temperaturen stehen Risiken aufgrund einer mangelnden thermischen Stabilität dieser gehärteten Zone entgegen [8, 9]. Hier besteht noch Klärungsbedarf, um diese Risiken sicher abschätzen zu können. Es ist auch nicht bekannt ob, bzw. wie sich die Kombination von Grundwerkstoffzusammensetzung und Oberflächenhärtungsverfahren auf die thermische Stabilität der gehärteten Zone auswirkt. Hier sollte mit dem durchgeführten Forschungsprojekt eine Klärung herbeigeführt werden, wobei hier auch die neuen, an strategisch kritischen Legierungselementen wie Nickel und Molybdän ärmeren Nichtrostenden Stähle in die Untersuchungen mit einbezogen werden.

Für die Untersuchungen wurde ein sehr bekanntes und gut auf dem Markt eingeführtes Verfahren zur Oberflächenhärtung von Nichtrostenden Stählen, das sogenannte „Kolsterisieren“ ausgewählt. Mit dieser Oberflächenhärtung werden bei moderaten Einsatztemperaturen hervorragende Lebensdauererhöhungen von Bauteilen erreicht. Immer häufiger wird gefordert, diese Schichten auch bei höhe-

ren Einsatztemperaturen zu verwenden. Dagegen steht die klassische Aussage, dass bei erhöhten Kohlen- und/oder Stickstoffgehalten in Nichtrostenden Stählen eine Temperaturbelastung oberhalb 350°C zu einer Ausscheidungsbildung mit örtlicher Chromverarmung und damit zu einem Verlust an Korrosionsbeständigkeit führt. Als Beispiel für einen derartigen Anwendungsfall sei an dieser Stelle der Motorenbereich genannt, wo zunehmend Abgasrückkühl- bzw. Rückführungssysteme eingebaut werden.

Die Komponenten der Abgasrückführung und hier insbesondere das Steuerventil unterliegen dabei einer Verschleißbeanspruchung und einem korrosiven Angriff, hervorgerufen durch ca. 450°C heißes Abgas. Bei den Werkstoffen werden für diesen Einsatz austenitische Nichtrostende Stähle aufgrund der korrosiven Beständigkeit gegen das Abgas eingesetzt. Zur Lösung der dabei auftretenden Verschleißprobleme sollen die o.g. Oberflächenbehandlungen hier vermehrt eingesetzt werden, wobei das derzeit am häufigsten eingesetzte und seit längerem auf dem Markt etablierte Verfahren das „Kolsterisieren“ ist. Der Einfluss der Einsatztemperatur auf die Alterungsbeständigkeit ist bisher nicht ausreichend untersucht worden und es herrscht eine große Unsicherheit, was einerseits die tatsächlich relevanten Einsatztemperaturgrenzen anbelangt und andererseits die Mechanismen betrifft, die bei einer Tem-

peraturbelastung in den einzelnen Bereichen der gehärteten Randzone ablaufen.

Die Temperaturstabilität der aufgekohlten Randzone und die Veränderung der mechanisch technologischen und der korrosiven Eigenschaften durch Einfluss von Temperatur und Zeit war bisher nur vereinzelt Gegenstand von Untersuchungen [8] und wurde nicht grundlegend geklärt. Offen ist die Frage, was exakt in der sogenannten S-Phase passiert und was in dem mit Kohlenstoff angereicherten Bereich zwischen S-Phase und Grundwerkstoff passiert (ABB. 1).

Die vorliegenden Informationen beziehen sich weitgehend auf den Stahltyp AISI 316. Es fehlen weitere Informationen, wie die Zusammensetzung des Grundmaterials sich auf die Oberflächenhärtung und die thermische Stabilität der gehärteten Zone auswirken [8]. Im allgemeinen Maschinenbau sind es aber gerade die neuen, mit weniger Nickel und Molybdän legierten austenitischen Nichtrostenden Stähle oder aber die neuen Duplexstähle die vermehrt eingesetzt werden. Hier liegen keinerlei Angaben über die Oberflächenhärte und deren Stabilität vor.

Für die hohen Kosten bei den austenitischen Werkstoffen sind die Legierungselemente Nickel (Ni) und Molybdän (Mo) entscheidend. Das Hinzulegieren von 10% Nickel bzw. 2 % Molybdän verteuern der-

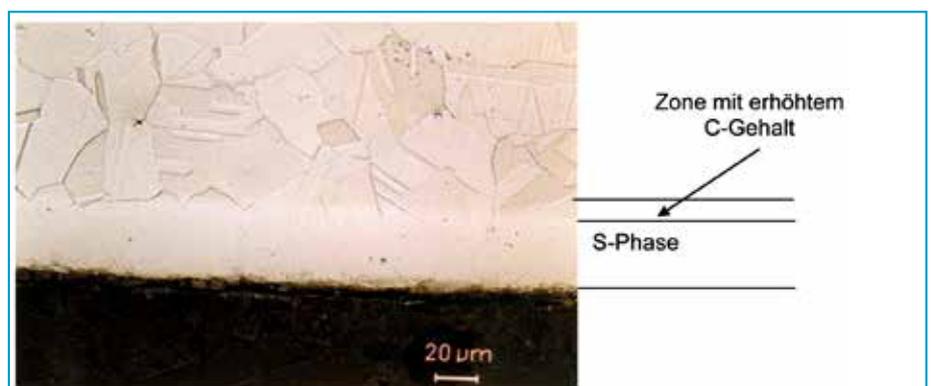


ABB. 1: Gefüge an einem oberflächlich aufgekohltem Stahl 316L.

zeit die Tonne nichtrostenden Edelstahl jeweils um ca. 2000 €. Alternativen im Bereich der Nichtrostenden Stähle können demnach nur Werkstoffe mit abgesenkten Nickel- und/oder Molybdängehalten sein. Gleichzeitig muss jedoch die Korrosionsbeständigkeit für den jeweiligen Einsatzfall sichergestellt werden. Unter der Annahme, dass rein ferritische Werkstoffe für eine Oberflächenhärtung ungeeignet sind, bieten sich als mögliche Alternativen demnach grundsätzlich folgende 3 Werkstoffgruppen an [4]:

- Duplexstähle (abgesenkter Nickelgehalt, erhöhter Stickstoffgehalt)
- nickelfreie Duplexstähle (austenitische Phase wird nur über Zulegieren von Mn und N erreicht)
- Manganaustenite (austenitisches Gefüge wird über das Zulegieren von Mn erreicht)

Für diese Werkstoffe existieren keinerlei Erfahrungen mit einer Oberflächenhärtung. Gleichwohl zeigen diese Werkstoffe gute Leistungsergebnisse in vielen Anwendungsbereichen und stellen eine kostengünstige, ressourcenschonende Alternative zu den herkömmlichen Nichtrostenden Stählen dar, die durch die Möglichkeit einer Oberflächenhärtung noch deutlich verbessert werden könnte [4].

Im Gegensatz zu anderen angewendeten Oberflächenhärtungsverfahren bleibt bei dem Kolsterisieren die Korrosionsbeständigkeit des Grundwerkstoffes weitgehend erhalten. Zahlreiche Laborversuche zeigten eine Verbesserung der Lochfraßbeständigkeit in chloridhaltigen Medien, dies gilt insbesondere im Bereich von Schnittkanten. Verbesserungen der Korrosionsbeständigkeit wurden in zahlreichen weiteren Medien wie z.B. in NaOH oder H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> beobachtet. Ein Einsatz der Oberflächenhärtung erscheint allerdings nur im stabil-passiven Bereich sinnvoll. Sobald ein

endlicher Metallabtrag vorliegt, würde die relativ dünne gehärtete Zone in kürzester Zeit abgetragen werden. Vor diesem Hintergrund erscheint besonders interessant, dass die Spannungsrisskorrosionsbeständigkeit in chloridhaltigen Medien durch das Kolsterisieren verbessert wird.

Bisher fehlen Untersuchungen, in welcher Weise sich die Eigenschaften an kolsterisierten Bauteiloberflächen verändern, wenn eine temporäre Temperaturbelastung im Bereich oberhalb von 400 °C vorliegt. Da in der modernen Abgastechnik dieser Temperaturbereich immer häufiger überschritten wird und sensible Motorcomponenten wie z.B. das Abgasrückführungsventil (AGR) aus kolsterisiertem Nichtrostenden Stahl gefertigt werden, ist diese Frage zu klären und insbesondere auch zu ermitteln, ob und wie entsprechende Schädigungsmechanismen vom gewählten Grundwerkstoff beeinflusst werden.

## VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Für dieses Vorhaben wurden die nachfolgenden Materialien ausgewählt:

-1.4301	X5CrNi18-10, Austenit
-1.4404	X2CrNiMo17-12-2, Austenit
-1.4539	X1NiCrMoCu25-20-5, Austenit
-1.4462	X2CrNiMoN22-5-2, Duplexstahl
-1.4362	X2CrNiN23-4, Duplexstahl
-1.4162	X2CrMnNiN22-5-2, Duplexstahl
-1.4640	X6CrNiMnN19-7-2, Austenit
-1.4376	X8CrMnNi19-6-3, Manganaustenit
-1.4373	X12CrMnNiN18-9-5, Manganaustenit

Für die Untersuchungen wurden von jedem Material kaltgewalzte Bleche in der Dicke von 1-2 mm in der Oberflächenausführung 2B (2B = kalt gewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, kalt nachgewalzt) beschafft. Nach der Fertigung von Proben wurde eine Oberflächenhärtung nach dem Verfahren des Kolsterisierens durch-

geführt. Bei den Werkstoffen, bei denen noch keine Parameter für das Kolsterisieren vorlagen, wurden die Parameter nach den Erfahrungen mit ähnlichen Werkstoffen festgelegt. Nach der Härtung wurden die Proben gründlich gereinigt und einer Wärmeauslagerung bei verschiedenen Temperaturen und Zeiten ausgesetzt. Die Auslagerungsbedingungen wurden im Temperaturbereich von 350 – 700 °C in 50 °C schritten bei Auslagerungszeiten zwischen 2 min und 30 h durchgeführt. Bei den geringen Auslagerungszeiten wurde die Wärmebehandlung im Salzbad und bei den längeren Zeiten in einer geschützten Atmosphäre im Ofen durchgeführt.

An den ausgelagerten Proben wurden Messungen zum Härteverlauf im randnahen Bereich sowie Gefügeuntersuchungen und Messungen zur Korrosions- und Verschleißbeständigkeit durchgeführt. Bei der durchgeführten Härteverlaufsprüfung nach Vickers (Diamantpyramide; HVo,01) wurde ein Schliff angefertigt und die Härte in Abhängigkeit vom Abstand zur Oberfläche gemessen.

Bei der Bestimmung der Korrosionsbeständigkeit gegenüber Lochfraß wird ein Schnelltestgerät (ec-pen) der Firma Corsensys AG verwendet. Das Gerät misst das Lochfraßpotential potentiodynamisch, wobei während des Tests das Potential erhöht und das Durchbruch-(Lochfraß-)potential bestimmt wird. Ein hohes Lochfraßpotential steht für eine hohe Korrosionsbeständigkeit. Vor der Prüfung muss eine Basismessung an einer unbehandelten Probe vorgenommen werden, um das Lochfraßpotential der Basis zu bestimmen. Wenn der Nichtrostende Stahl in einem Elektrolyt ein freies Korrosionspotential annimmt, welches unterhalb des Lochfraßpotentials liegt, verhält sich das Material passiv. Umgekehrt tritt Lochfraßkorrosion auf, wenn das sich in der jeweiligen Flüssigkeit einstellende Freie Korrosionspotential oberhalb des Lochfraßpotentials liegt.

Beim Schnelltestgerät werden nur zwei

Zustände ausgegeben. Die grün leuchtende LED bedeutet, dass im Vergleich zur kalibrierten Basis (hier der kolsterisierte aber nicht wärmebehandelte Zustand) keine Abweichung der Korrosionsbeständigkeit gegen Lochfraßkorrosion vorliegt. Die rot leuchtende LED hingegen bedeutet, dass im Vergleich zur Basis die Beständigkeit gegen Lochfraßkorrosion vermindert ist.

Die Härtemessungen nach Vickers erfolgten im ungeätzten Zustand mit einer Kleinlast von 10 g und einer Einwirkdauer von 10 s, beginnend mit einem Abstand zur Oberfläche von 10 µm.

Für die Prüfung auf Beständigkeit gegen interkristalline Korrosion (IK) wurde der Strauß-Test nach DIN 50914 gewählt. Dabei werden die Proben 15 Stunden lang in eine siedende Kupfersulfat-Schwefelsäure (10 %)-Lösung getaucht. Anschließend werden die Proben um einen Biegedorn mit definiertem Radius gebogen und die konvexe Seite (Zugseite) auf interkristalline Korrosion in Form von Rissen untersucht. Grundlage ist die Tatsache, dass Nichtrostende und nichtstabilisierte austenitische Stähle nach einer Wärmebehandlung zwischen 500 °C und 800 °C interkristalline Korrosion erfahren können.

Die Magnetisierbarkeitstests wurden jeweils an drei verschiedenen Messpunkten der Blechoberfläche durchgeführt. Für diesen Test wird das FERITSCOPE MP 30 der Firma Helmut Fischer GmbH + Co.KG verwendet. Die Messung erfolgt nach dem magnetinduktiven Verfahren, wobei der Ferritgehalt über die Permeabilität bestimmt wird. Reines Austenitgefüge mit kubisch flächenzentrierter Kristallstruktur ist von Haus aus nicht magnetisierbar. Eine Magnetisierbarkeit ist dann gegeben, wenn Gefügeanteile mit kubisch raumzentrierter Gefügestruktur oder sonstige magnetisierbare Anteile wie z.B. Ausscheidungen auftreten.

Die Bestimmung des Verschleißwiderstandes wurde an einem Rotationst-

ribometer (Bauart Wazau) durchgeführt, hierbei wurde der durch den Reibvorgang verursachte Massenverlust bestimmt. Für die Prüfung wird das Probenblech auf eine Halterung geklebt und anschließend in einer Presse ausgerichtet. Da das Probenblech nicht die ganze Halterung überdeckt, wurde am Tribometer das Bewegungsprofil „Oszillation“ gewählt, bei dem um einen Startpunkt ein gewisses Bogenmaß oszillierend abgefahren wird. Die Stiftprobe (Ø8 mm) besteht dabei aus 1.4401. Vor jeder Prüfung wurden beide Oberflächen mit Ethanol entfettet sowie beide Reibpartner gewogen. Nach dem Verschleißtest wird die geklebte Probe mit Aceton vollständig von Kleberesten befreit und erneut gewogen. Durch den hohen Zeitaufwand wurde dieser Test auf vier Materialien beschränkt. 1.4301 als Standardstahl, 1.4539 aufgrund der übrigen guten Ergebnisse, 1.4462 aus

der Materialgruppe „Duplexstahl“ und wegen der guten Härteannahme und 1.4376 aus der Materialgruppe „Manganaustenit“.

Einsatzbedingungen am Rotationstribo-  
meter:

- Normalkraft: 200N
- Geschwindigkeit: 0,1m/s
- Reibstrecke: 100m

Weitere Details zur Messtechnik werden, soweit dies notwendig erscheint, zusammen mit den Ergebnissen angegeben.

## VERSUCHSERGEBNISSE

Die Gefüge- und Härteveränderungen sind für den Werkstoff X5CrNi8-10 (1.4301) in den Bildern 2 und 3 beispielhaft dargestellt.



ABB. 2: Beispiel für die Gefügeausbildung eines austenitischen Nichtrostenden Stahles, hier der Werkstoff X5CrNi8-10 (1.4301) vor (linkes Teilbild) und nach dem Kolsterisieren (rechtes Teilbild).

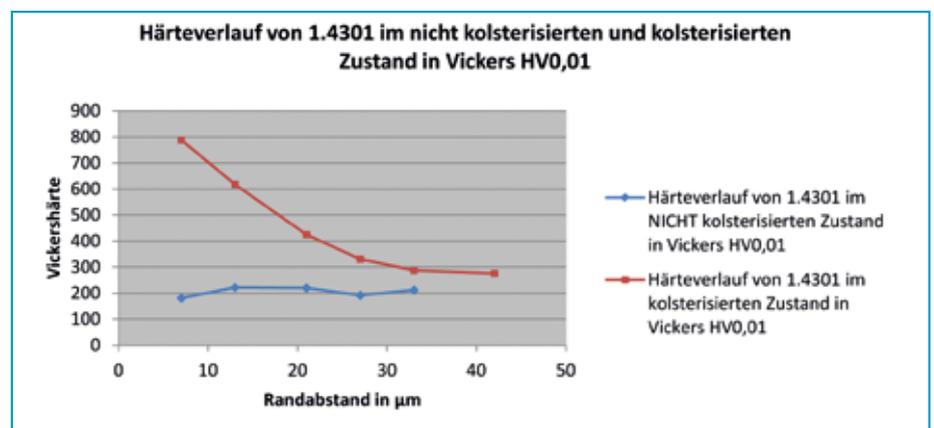


ABB. 3: Beispiel für den Härteverlauf eines austenitischen Nichtrostenden Stahles, hier der Werkstoff X5CrNi8-10 (1.4301) vor und nach dem Kolsterisieren

Insgesamt sind die gemessenen Härteverläufe an den kolsterisierten Proben in den Bildern 4 bis 6 zusammengefasst. Es ist erkennbar, dass bei einigen neuen Werkstoffen für die noch keine Erfahrungen zu den Behandlungsparametern beim Kolsterisieren vorlagen die Einhärtung nicht optimal erfolgte (Bilder 5 und 6).

Durch eine thermische Auslagerung werden die Eigenschaften verändert. Diese thermisch induzierte Veränderung der Materialeigenschaften wurde messtechnisch erfasst und es wurde für die jeweiligen Auslagerungsversuche sogenannte Grenzwertdiagramme erstellt. Diese Grenzwertdiagramme wurden für jeden Werkstoff

und jede Eigenschaft angefertigt. Ein solches Diagramm ist beispielhaft für die thermisch bedingte Gefügeveränderung in der kolsterisierten Randzone des Werkstoffes X5CrNi8-10 (1.4301) in Bild 7 dargestellt. Die Auswertung für die Gefügeveränderung ist eine subjektive Bewertung. Sobald auf den Schlibbildern Ausscheidungen oder eine stärker angegriffene kolsterierte Randschicht zu erkennen sind, wird das Gefüge als verändert betrachtet und im Diagramm mit einer roten Markierung versehen. Die Farbe „rot“ steht damit für eine Veränderung gegenüber dem Ausgangszustand. Bei gelber Farbe ist das Ergebnis nicht eindeutig und bedarf einer erneuten Prüfung. Grün bedeutet, dass sich im Vergleich zum Ausgangszustand nichts verändert hat.

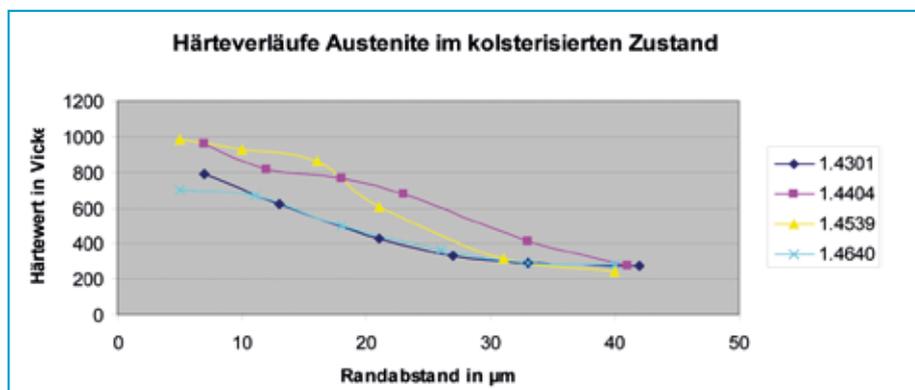


ABB. 4: Härteverläufe der Austenite im kolsterisierten Zustand

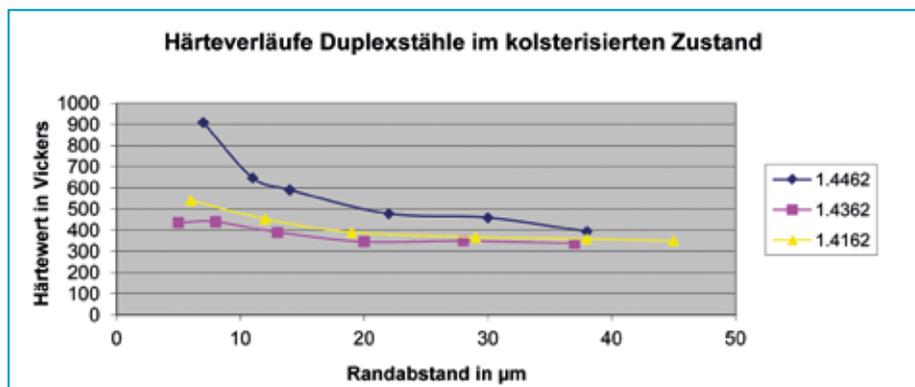


ABB. 5: Härteverläufe der Duplex-Stähle im kolsterisierten Zustand.

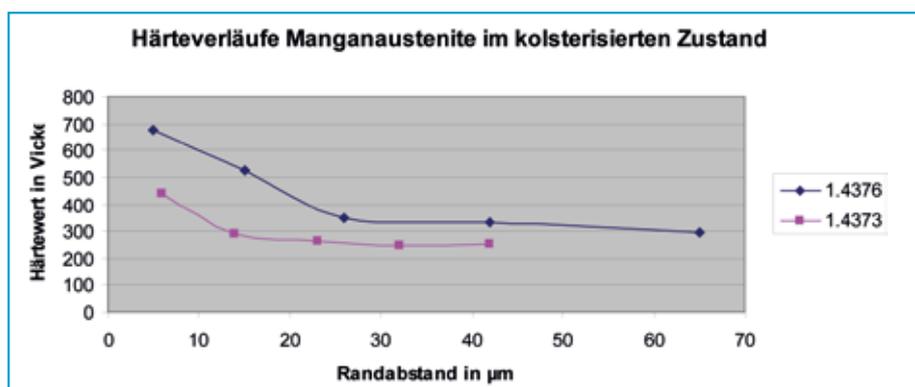


ABB. 6: Härteverläufe der Manganaustenite im kolsterisierten Zustand.

In einem zweiten Beispiel wird gezeigt, wie sich die Randhärte des kolsterisierten Materials bei einer Temperaturauslagerung verändert (Bild 8). Bei der Grenzwertbestimmung wurde eine Toleranz von 10 % bei einer Tiefe von 10 µm zum Maximalwert des Grundzustands akzeptiert. Erst bei einer Abweichung von mehr als 10 % wird der Härteverlauf mit einer roten Markierung versehen.

Als finales Ergebnis dieser Vorgehensweise entsteht jeweils ein Grenzwertdiagramm für einen kolsterierten Werkstoff. Die Linien zeigen die jeweilige Grenze zwischen der beginnenden, durch thermische Belastung hervorgerufenen Veränderung einer Eigenschaft. Oberhalb dieser Linien muss beim Einsatz von kolsterierten Werkstoffen mit einer Veränderung des Eigenschaftsprofils durch die Temperaturbelastung gerechnet werden.

Die vertikale gestrichelte Linie verdeutlicht den Bereich der Beeinflussung des Materials durch das Salzbad. Die Ergebnisse links dieser Linie sind nur schwerlich mit den Ergebnissen rechts dieser Linie vergleichbar, da die Grundvoraussetzungen unterschiedlich sind. Die hier vorliegenden

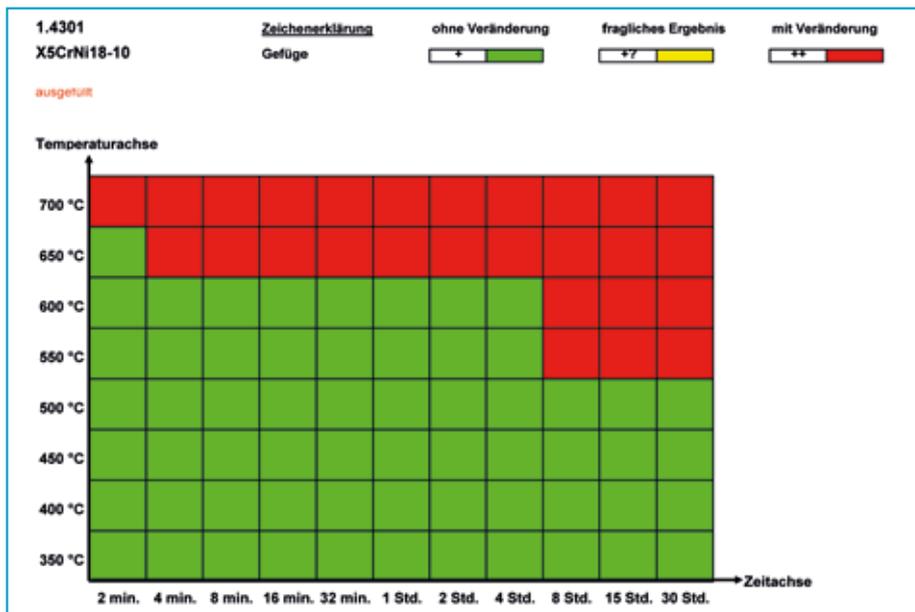


ABB. 7: Gefügeveränderung in Abhängigkeit von der thermischen Auslagerung bei X5CrNi18-10 (1.4301) im kolsterisierten Zustand.



ABB. 8: Härteveränderung in Abhängigkeit von der thermischen Auslagerung bei X5CrNi18-10 (1.4301) im kolsterisierten Zustand.

Ergebnisse sind aufgrund der durch das Salzbad bedingten Oberflächenveränderungen fehlerbehaftet und nur bedingt brauchbar. Da Materialien eher für den Dauereinsatz gewählt werden, spielt der Bereich bis 32 Minuten daher eine unter-

geordnete Rolle und könnte als vernachlässigbar erachtet werden.

Für den Werkstoff 1.4301 im kolsterisierten Zustand lässt sich feststellen, dass eine Temperaturbelastung von 400

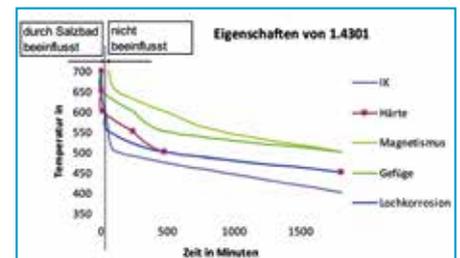


ABB. 9: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X5CrNi18-10 (1.4301) im kolsterisierten Zustand.

°C nur kurzzeitig überschritten werden darf, wenn die volle Korrosionsbeständigkeit dieses Materials erhalten bleiben soll. Auch die Härtewerte werden durch eine Temperaturbelastung schnell abgesenkt, wobei es bei einer Temperaturbelastung von 450 °C etwa 2000 min dauert bis sich eine deutliche Veränderung der Oberflächenhärte (> 10 %) einstellt.

Ähnlich verhält es sich mit den übrigen, hier untersuchten Werkstoffen, wobei hier zu beachten ist, dass auch ohne das Kolsterisieren die Werkstoffe hier in einem Temperaturbereich belastet werden, in dem Eigenschaftsänderungen eintreten können, dies gilt insbesondere auch für die Duplexwerkstoffe. Die Grenzwertdiagramme für die übrigen Werkstoffe sind in den Bildern 10 bis 17 dargestellt.

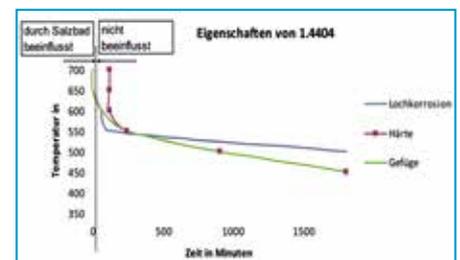


ABB. 10: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X2CrNiMo17-12-2 (1.4404) im kolsterisierten Zustand.

Bei dem X2CrNiMo17-12-2 (1.4404) liegen die Verhältnisse sehr ähnlich wie beim Werkstoff 1.4301. Da die IK-Beständigkeit schon im nur kolsterisierten Ausgangszustand aufgrund einer fehlerhaften Oberfläche nicht gegeben war, konnte diese, sehr empfindlich auf Oberflächenveränderungen

gen reagierende Eigenschaft nicht geprüft werden. In Abhängigkeit von der Temperaturbelastung ändert sich allerdings die Beständigkeit gegenüber Lochfraßangriff in nahezu gleicher Weise wie beim Werkstoff 1.4301. Die Obergrenze für den Einsatz von kolsterisiertem 1.4301 ist auch hier bei max. 450 °C zu sehen, wobei diese Temperatur auch hier nicht dauerhaft vorliegen darf. Der Abfall der Härte in Abhängigkeit von der Temperatur erfolgt auch bei diesem Material sehr schnell, so dass der Effekt einer Oberflächenhärtung bei Temperaturbelastung > 450 °C sehr schnell abgebaut wird.

Bei diesem Werkstoff (1.4539) bleibt die durch das Kolsterisieren in der Randschicht erreichte Härtesteigerung auch bei einer hohen Temperaturbelastung recht lange erhalten. So dauert es bei einer Temperaturbelastung mit 550 °C etwa 2000 min bis die Härte in der Randzone um 10% verringert wird. Bei den beiden weiter oben betrachteten Werkstoffen 1.4301 und 1.4404 trat diese Veränderung bei 550 °C bereits nach ca. 30 Minuten ein. Die Anfälligkeit gegenüber Korrosion ändert sich dagegen in nahezu gleicher Weise wie bei den Werkstoffen 1.4301 und 1.4404.

Der Duplex-Werkstoff 1.4462 reagiert in der Veränderung der Korrosionsbeständigkeit deutlich empfindlicher als die drei weiter oben behandelten Austenite. Dies mag an dem ferritischen Gefügebestandteil liegen, dort laufen Diffusionsprozesse deutlich schneller ab als im Austenit. Der Abfall der Härte in Abhängigkeit von Temperatur und Zeit erfolgt langsamer als bei den Standardausteniten 1.4301 und 1.4404 aber schneller als beim 1.4539.

Der Werkstoff 1.4362 ähnelt in seinem Verhalten auf eine Temperaturbelastung oberhalb 350 °C sehr dem ebenfalls ferritisch austenitischen Stahl 1.4462, wobei der Abfall der Beständigkeit gegenüber Lochkorrosion hier noch intensiver einsetzt als beim 1.4462. Auch bei diesem Material

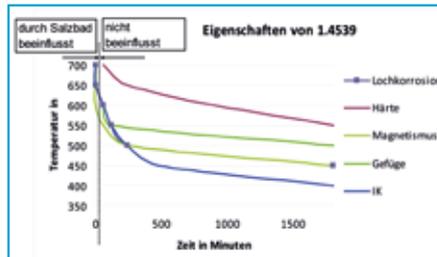


ABB. 11: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X1NiCrMoCu25-20-5 (1.4539) im kolsterierten Zustand.

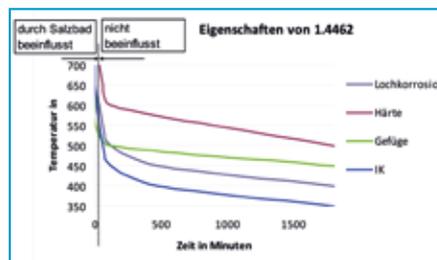


ABB. 12: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X2CrNiMoN22-5-2 (1.4462) im kolsterierten Zustand.

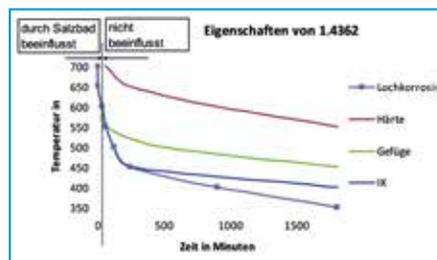


ABB. 13: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X2CrNiN23-4 (1.4362) im kolsterierten Zustand.

bleibt die beim Kolsterisieren entstandene Härtesteigerung in der Randzone sehr gut erhalten und wird selbst bei sehr hohen Temperaturen > 550 °C sehr langsam abgebaut.

Das Verhalten des schwach legierten Lean-Duplex-Stahles 1.4162 ähnelt sehr dem des 1.4362, die Härte bleibt erstaunlich gut erhalten, während die Korrosionsbeständigkeit bei Temperaturbelastung von 350 °C relativ schnell verringert wird. Die Stabilität des Härtewertes kann auch darauf zurückzuführen sein, dass bei diesem Werkstoff die Härte durch das Kolsterisieren mit den Standardparametern kaum angestiegen ist.

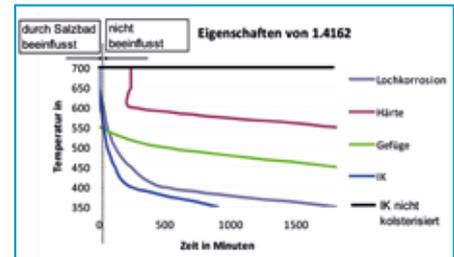


ABB. 14: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X2CrMnNiN22-5-2 (1.4162) im kolsterierten Zustand.

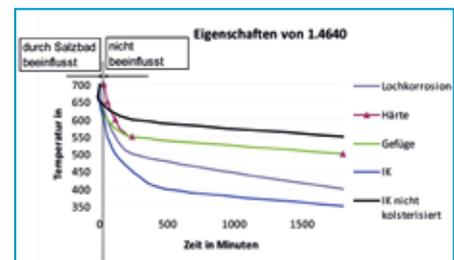


ABB. 15: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X6CrNiMnN19-7-2 (1.4640) im kolsterierten Zustand.

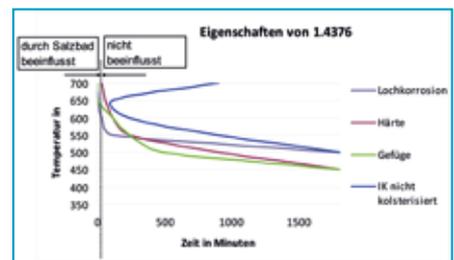


ABB. 16: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X8CrMnNi9-6-3 (1.4376) im kolsterierten Zustand.

Der Werkstoff 1.4640 verhält sich ähnlich wie die Standardaustenite 1.4301 und 1.4404, wobei der Abbau der Härte bei Temperaturbelastung etwas langsamer verläuft.

Im Bild 16 ist erkennbar, dass sich beim Test auf interkristalline Korrosion der nicht kolsterierten Probe eine „Nase“ bei 650 °C ausbildet. Dieses, für austenitische und ferritische Nichtrostende Stähle typische Verhalten zeigt, dass dieses Material bereits im nicht kolsterierten Zustand eine hohe Empfindlichkeit gegenüber interkristalliner Korrosion zeigt. Im kolsterierten Zustand bestand hier eine IK-Anfälligkeit

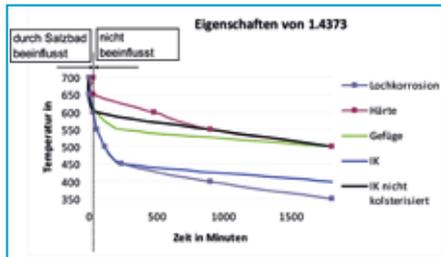


ABB. 17: Grenzwertdiagramm für die thermisch bedingten Veränderungen am X12CrMnNiN18-9-5 (1.4373) im kolsterisierten Zustand.

bereits im Ausgangszustand, d.h. ohne vorangegangene thermische Schädigung, ein Grenzwert für die Veränderung der IK-Beständigkeit bei einer Auslagerung kann daher hier nicht angegeben werden.

Beim 1.4373 bleibt die Härte recht stabil erhalten, wobei die Härte beim Kolsterisieren nur minimal gesteigert wurde (Bild 6). Die IK-Anfälligkeit ist auch bei diesem, hoch manganhaltigen Stahl bereits im nicht kolsterierten Zustand sehr hoch. Die Härtekurve in Bild 17 deutet darauf hin, dass in die Randzone nicht sehr viel Kohlenstoff eingelagert wurde, vermutlich ist dies der Grund dafür, dass beim 1.4373 im Gegensatz zum 1.4376 im kolsterisierten Zustand die IK-Beständigkeit gegeben war, diese sinkt aber bei einer Temperaturbelastung sehr schnell ab.

Die Prüfung der Verschleißbeständigkeit mittels Rotationstriebometer zeigt sehr deutlich, dass die Verschleißbeständigkeit der Nichtrostenden Stähle durch das Kolsterisieren erheblich gesteigert wird (Bild 18). Dort wo das Kolsterisieren nicht erfolgreich war bzw. durch die nicht erfolgte Anpassung der Behandlungsparameter an die neuen Werkstoffe, fällt auch die Verbesserung des Verschleisswiderstandes deutlich moderater aus (Bild 18 die Werkstoffe 1.4362, 1.4162 und 1.4373).

Bei allen untersuchten Werkstoffen wurde festgestellt, dass die durch das Kolsterisieren erreichte Verbesserung der Verschleißbeständigkeit auch nach einer

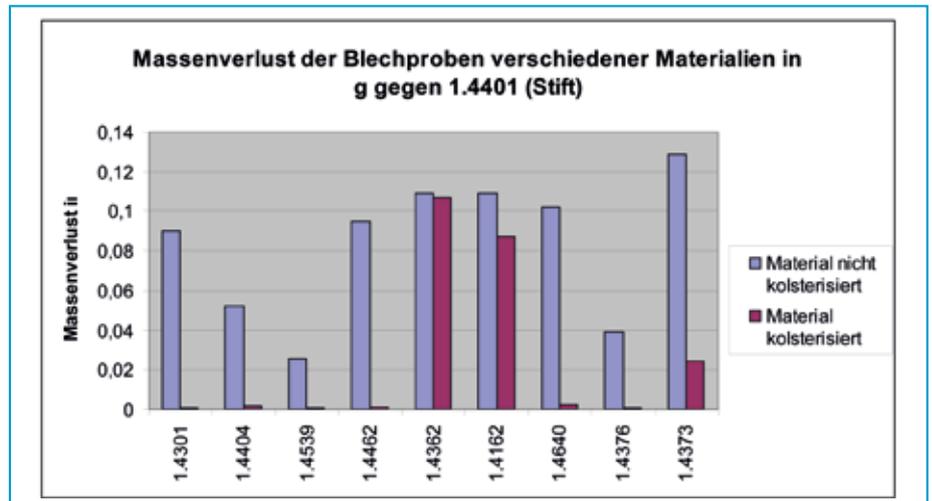


ABB. 18: Massenverlust der Blechproben bei der Verschleißprüfung auf dem Rotationstriebometer.

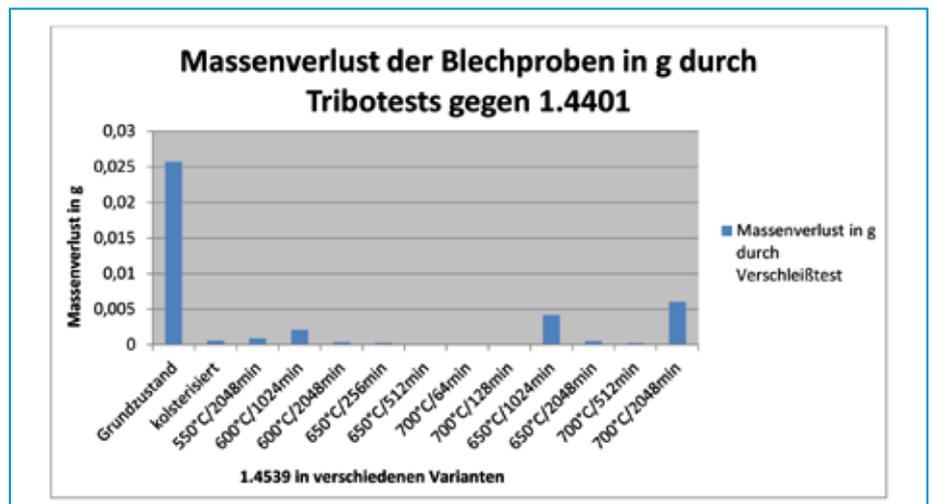


ABB. 19: Massenverlust der Blechproben aus 1.4539 in verschiedenen, thermisch behandelten Zuständen bei der Verschleißprüfung auf dem Rotationstriebometer.

längeren thermischen Belastung noch vorhanden ist. Bei dem Werkstoff 1.4539 ist der Effekt einer nachhaltigen Erhöhung des Verschleißwiderstandes am besten ausgeprägt. Dieses Ergebnis korreliert sehr gut mit dem auslagerungsbedingten Abfall der Härtewerte, die beim 1.4539 mit steigender Temperaturbelastung deutlich weniger abfallen als beim 1.4301. Der Verschleißwiderstand ist auch insgesamt höher als beim 1.4301.

Im nachfolgenden Diagramm werden die Materialien vergleichend gegenübergestellt (Bild 19). Einmal sind die Grundzustände, also kolstersiert und unbehandelt zu sehen und zwei Ergebnisse im zusätzlich noch ausgelagerten Zustand.

Im Bild 20 ist zu erkennen, dass 1.4539 die besten Verschleißwerte aufweist, sowohl kolsterisiert als auch unbehandelt und im ausgelagerten Zustand.

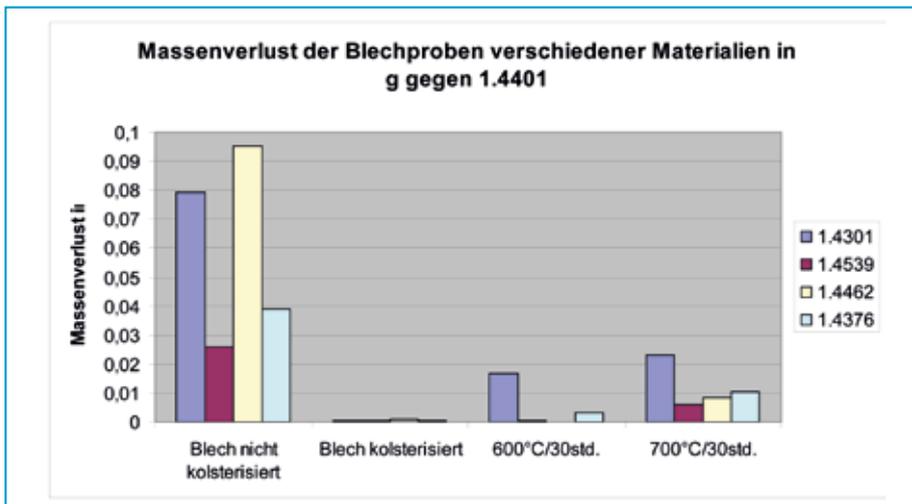


ABB. 20: Gesamtvergleich der Materialien in verschiedenen Zuständen.

## DISKUSSION

Die Versuchsergebnisse zeigen sehr deutlich, dass durch das Kolsterisieren an der Oberfläche von verschiedenen austenitischen und ferritisch-austenitischen Stählen eine hervorragende Kombination aus Härte und Verschleißbeständigkeit eingestellt werden kann. Die Behandlungsparameter beim Kolsterisieren sind dabei auf die jeweilige Stahlqualität einzustellen. Die Versuchsergebnisse zeigen beispielsweise, dass die Manganaustenite und die neu entwickelten Lean-Duplexwerkstoffe für diese Art der Oberflächenhärtung sehr kritisch zu betrachten sind, und dass die Behandlungsparameter beim Kolsterisieren jeweils an den Werkstoff angepasst werden müssen.

Die Versuchsergebnisse zeigen allerdings auch sehr schön, dass die klassische Betrachtungsweise, d.h. dass die Anwendungstemperatur nicht oberhalb der Temperatur der Aufkohlungsbehandlung liegen sollte, nicht richtig ist. Es konnte gezeigt werden, dass Härte und Verschleißbeständigkeit bei einigen kolsterisierten Werkstoffen auch nach einer längeren Auslagerung bei Temperaturen über 500 °C noch erhalten bleiben. Hier hat insbeson-

dere der Stahl 1.4539 überzeugt (Bilder 19 und 20). Für den Einsatz bei Komponenten in Abgasanlagen von Automobilen könnte mit diesem Konzept die Leistung/Lebensdauer von einigen Bauteilen erheblich gesteigert werden. Hier sind an erster Stelle die sehr positiven Ergebnisse bei dem Stahl X1NiCrMoCu25-20-5 (1.4539) zu nennen. Hier bleiben die mechanischen Eigenschaften in der gehärteten Zone auch bei langzeitiger Temperaturbeanspruchung auf einem recht hohen Niveau und auch der Abfall der Korrosionsbeständigkeit verläuft moderat, wobei die Beständigkeit auch dann noch sehr hoch ist im Vergleich zu einem einfachen Stahl.

## LITERATUR

- [1] L. Poirier, Y. Corre, J.P. Lebrun, Solutions to improve the surface hardness of Stainless Steel without loss of their corrosion resistance, 4th European Conference on Stainless Steel, Paris 2002
- [2] T. Christiansen, M. A. J. Somers, Randschichthärtung von rostfreiem Stahl durch Gasnitrierung und Gascarburieren bei niedrigen Temperaturen, HTM 60 (2005) 4, S. 207 - 214
- [3] P. Gümpel, M. Wäger, Randschichthär-

ten von austenitischen und ferritisch-austenitischen rostfreien Stählen, Stahl, Heft 6 – 2002, S. 28-32

[4] P. Gümpel, Hrsg., Rostfreie Stähle, Expert Verlag, Renningen 2007

[5] R. van der Jagt, Case hardening of austenitic stainless steel pump components, World Pumps, March 1998, p.30 - 34

[6] D. Günther; F. Hoffmann; M. Jung, P. Mayr, Oberflächenhärtung von austenitischen Stählen unter Beibehaltung der Korrosionsbeständigkeit, HTM 56 (2001) 2

[7] T. Bell, Low temperature Plasma Nitriding and Plasma Carburizing of Austenitic Stainless Steel, Heat Treatment of Metals 2002.3

[8] X.Y. Li, S. Thaiwatthana, H. Dong, T. Bell, Thermal stability of Carbon S-Phase in Stainless Steel, 4th European Conference on Stainless Steel, Paris 2002

[9] T. Bell, Surface Engineering of Austenitic Stainless Steel, 4th European Conference on Stainless Steel, Paris 2002

## DANKSAGUNG

Die hier vorgestellten Untersuchungen wurden im Rahmen des ProfUnt Vorhabens „STABICOR“ mit dem Förderkennzeichen 1711Xo8 vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie in dem Zeitraum 01.07.2008 – 30.09.2011 gefördert. Für die Förderung sei an dieser Stelle gedankt.



Die W3 Data GmbH entwickelt und betreibt leistungsfähige Webservices zu. Als junges Unternehmen mit namhaften Kunden bieten sich bei uns interessante Möglichkeiten für neugierige Entwickler mit Interesse an modernsten Technologien.

Wir suchen für unseren Standort in Konstanz:

## **Werkstudenten (m/w)**

### **Dein Profil:**

- Du hast Spaß am Programmieren
- Du bist ein guter Programmierer (oder willst es werden)
- Neue Technologien machen dir keine Angst, sondern wecken deine Neugier
- Linux/Unix und Webserver sind keine Unbekannten für dich
- Du weißt eine moderne IDE und Versionsverwaltung zu schätzen

### **Deine Aufgaben:**

Du unterstützt uns bei der Frontend-Entwicklung mit Dart. Erfahrung mit Dart ist keine Voraussetzung, praktische Kenntnisse einer anderen objektorientierten Sprache allerdings schon. Unsere Backends nutzen solche Dinge wie nginx, redis, lua und python. Nachdem du dir deine Sporen verdient hast, darfst du auch hier helfen.

Wir bieten auch Praktika, Studienarbeiten und Abschlussarbeiten an. Einer unserer Schwerpunkte ist die Analyse und Verarbeitung meteorologischer Daten, daher gibt es auch für angehende Mathematiker, Statistiker und Physiker viele interessante Möglichkeiten!

**[jobs@w3-data.de](mailto:jobs@w3-data.de)**

**W3 Data GmbH – Turmstrasse 16 – DE-78467 Konstanz**

**+49 (0) 7531 127 30 40 [www.w3-data.de](http://www.w3-data.de)**

# OBSERVER-BASED FAULT DETECTION OF PNEUMATICALLY DRIVEN AXES

Roland Nägele



**Prof. Dr. Roland Nägele**

*He studied physics at the Christian-Albrechts-Universität in Kiel. From*

*1990 to 1996 he worked in the control systems development department of Raytheon Anschütz GmbH. The main projects were track control, system identification and sensor fault detection for commercial ships. Since 1996 he is professor in the faculty of mechanical engineering. He teaches control systems technology and works in the laboratory of mechatronic systems.*

## 1 INTRODUCTION

Fault detection and isolation is an attractive field of control systems technology since decades. Model-based methods (Patton, Frank & Clark, 1989) and analytical redundancy approaches (Gertler, 1991) merged in the early 90s to a general framework (Isermann, 1994; Gertler, 1991). Common to all algorithms is the following principle. The first part of the algorithm is a dynamic system (observer, parameter estimator, analytical redundancy calculation with filter) creating one or more fault indicators, the so-called residuals. The second part of the algorithm decides about fault detection and isolation based on the temporal behavior of the residuals. In many cases simple threshold detection is sufficient. In other cases with a bad signal-to-noise ratio, the detection by means of the Hinkley-detector algorithm is superior, yielding an alert, fast detection (Schultze, 1993; 1999). If observers are used for the first part of the algorithm, the residuals are formed by the innovations, the differences between sensor signals and the respective estimated signals from the model in the observer.

The reaction to detected faults depends on the application. In the field of vehicle mechatronics (cars, planes, ships) the operation has to continue, however, with reconfigured sensors, actuators, and software functions (Schultze, 1999). In the field of production machines, the response to a detected fault is a safety shut-down of the drives together with a signal to the operating personnel. The machine supervised in this article is similar to a production machine, a portal robot automatically loading iron workpieces into a container on a scale for testing purposes. The automatic loading procedure takes about 4 to 5 hours without human supervision. It is essential to stop the operation immediately, if a collision (e.g. with the rim of the container), an actuator failure (e.g. pressure drop), a sensor failure (e.g. wear of the contact in the

potentiometer) or other machinery failures (e.g. badly lubricated bearings) occur. For this purpose, an independent supervision process in the PC-based PLC has to be installed. The first project with that goal is the Bachelor thesis of Jung (2009). The observer consists of two states per axis, the position and the velocity. This approach turns out to be too simple, the differences between model and reality are too big, as the dynamics of pressure increase and decrease in the pneumatic cylinders are not considered. The lesson learned is that the air mass flow through the valves into the cylinders has to be modelled. Luckily a former thesis (Bruch, 2002) from the field of automotive mechatronics develops a similar model. Based on these experiences, the second project (Motz & Stocklas, 2010) results in a successful supervision process.

However, many questions arise in the context of the pressure model (isotherm) and the mass-flow model (critical pressure ratio, choked flow), so that a separate test setup for model validation and for testing pneumatic valves has been constructed and built in the laboratory of mechatronic systems (Stühler & Maier, 2012; Widler & Bothe, 2012; Hahn & Franz, 2013).

This article summarizes and generalizes the findings of the quoted projects. In addition it develops a generally usable path to a fault detection algorithm for any kind of pneumatic axis. The steps on the path are modelling, linearization, observer design, programming as controller process, determination of the detection threshold. All these steps are explained in detail.

## 2 MODELLING A PNEUMATICALLY DRIVEN AXIS

A quite general view of a pneumatically driven translatory axis is depicted in Figure 1. The state variables are selected to be the piston position  $s$  measured from the left end, the respective velocity  $v$ , the

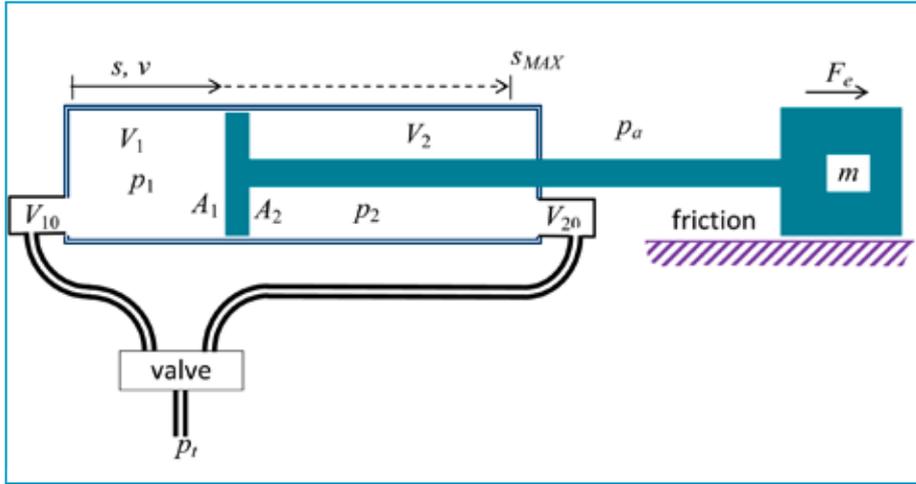


FIG. 1: Sketch of the physical quantities in a pneumatic axis

pressures  $p_1$  and  $p_2$ . The temperatures  $T_1$  and  $T_2$  are not considered as state variables for reasons of simplicity. All temperatures are approximated to be constant, i.e. isotherm. There is only one single measurement by a position sensor (eq. (1)).

The commonly used actuator is a switching 5-3-valve with two binary actuator signals  $u_1, u_2$ .

In the open position with  $u_1=TRUE$  and  $u_2=FALSE$ , the valve connects the left side to the tank pressure  $p_p$ , and the right side to the ambient pressure  $p_a$ . The air mass flow into the left volume and the air mass flow released from the right volume lets the pressure  $p_1$  increase and the pressure  $p_2$  decrease, so the piston is finally accelerated into positive direction.

In the open position with  $u_1=FALSE$  and  $u_2=TRUE$ , the same action works in the opposite direction.

In the closed middle position with  $u_1=FALSE$  and  $u_2=FALSE$ , the commonly used valve type blocks any mass flow, so the piston position is more or less fixed by the gas springs on both sides. The model derived in this chapter can be adapted to other valve types, for instance with open middle position (compare section 6.1), or

even other valve configurations like in the clutch actuator of the Astronic automatic transmission (Bruch, 2002).

$$\mathbf{x} = \begin{pmatrix} s \\ v \\ p_1 \\ p_2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{u} = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \end{pmatrix} \quad \mathbf{y} = (s) \quad (1)$$

The measurement equation is linear with the measurement matrix  $\mathbf{C} = (1 \ 0 \ 0 \ 0)$ . The parameters are:

- $s_{MAX}$  maximum position of the piston at the right end
- $A_1, A_2$  piston areas
- $V_{10}$  remaining volume (tubes, connectors) on the left side if  $s = 0$
- $V_{20}$  remaining volume on the right side if  $s = s_{MAX}$
- $m$  total moved mass
- $T$  absolute Temperature
- $R$  characteristic gas constant of air  $R = 287 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
- $\kappa$  index of isentropic expansion of air  $\kappa = 1.4$
- $p_a$  ambient pressure
- $p_t$  tank pressure
- $b$  coefficient of viscous friction
- $F_f$  constant of Coulomb friction
- $A_{1l}$  smallest cross section of the air stream from the tank into left volume if  $u_1 = TRUE$

- $A_{1a}$  smallest cross section of the air stream from the left volume into the ambience if  $u_2 = TRUE$
- $A_{2l}$  smallest cross section of the air stream from the tank into right volume if  $u_2 = TRUE$
- $A_{2a}$  smallest cross section of the air stream from the right volume into the ambience if  $u_1 = TRUE$

At the first glance, one may suppose that the smallest cross sections appear in the valve geometry itself. However, the commercially available valves are dimensioned larger than the tube connectors and the tubes used with them (Franz & Hahn, 2013). Even more important are the small paths through throttle valves, intentionally built into the air stream, especially at the outlet, in order to limit the velocity  $v$ . The fact that the paths are depending on the flow direction in back pressure valves, is ignored in this chapter. If required, the model developed here may be extended to a more complex one with 8 different cross sections.

## 2.1 Mechanical Model

The volumes depend on the position

$$V_1 = V_{10} + s \cdot A_1 \quad (2)$$

$$V_2 = V_{20} + (s_{MAX} - s) \cdot A_2 \quad (3)$$

The moving mass  $m$  is accelerated by a sum of forces

$$m \cdot \dot{v} = m \cdot \ddot{s} = \sum F \quad (4)$$

The first force considered results from the pressures

$$F_p(p_1, p_2) = p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2 - p_a \cdot (A_1 - A_2) \quad (5)$$

The second force  $F_e(s)$  is a placeholder in the model for known external forces like gravity, spring forces etc. Load disturbances, however, are not covered.

They are potentially detected by the fault detection algorithm (see chapter 6).

The sum of these accelerating forces

$$F_a(s, p_1, p_2) = F_p(p_1, p_2) + F_e(s) \quad (6)$$

has to overwhelm the friction forces considered in detail now.

The Coulomb friction is often modelled by a sgn-function in the literature, but this only holds for a piston in motion. Especially in pneumatic actuators, the stick-slip-effect is important. If the piston sticks ( $v=0$ ), the Coulomb friction adapts to  $F_a$ , as long as  $F_a$  is small, so that the piston stays sticking. Only if  $F_a$  exceeds the maximum Coulomb force, the slipping motion starts.

The Coulomb friction is a function of the velocity and the accelerating force  $F_a$ .

$$F_C(v, F_a) = \begin{cases} -F_f & \text{if } v > 0 \\ -F_f & \text{if } v = 0 \text{ AND } F_a > F_f \\ -F_a & \text{if } v = 0 \text{ AND } |F_a| \leq F_f \\ F_f & \text{if } v = 0 \text{ AND } F_a < -F_f \\ F_f & \text{if } v < 0 \end{cases} \quad (7)$$

Although the Coulomb friction, arising from the contact of rubber and metal in the seals of pneumatic actuators and from sliding bearings, is normally dominant, an additional viscous friction may be taken into account arising from the lubricant in rolling bearings.

$$F_v = -b \cdot v \quad (8)$$

Summing up all forces leads to the first-order differential equations for the state variables  $s$  and  $v$ :

$$\dot{s} = v \quad (9)$$

$$\dot{v} = \frac{1}{m} \cdot (F_a(s, p_1, p_2) + F_C(v, F_a(s, p_1, p_2)) - b \cdot v) \quad (10)$$

## 2.2 Pressure Model

The differential equations for the state variables  $p_1$  and  $p_2$  are derived in this section. The air mass  $m_L$  (Luftmasse in German) is essential for understanding the dynamics of the pressure. The reasons for increasing pressure  $p_1$  are a mass flow into the left volume through the valve or a negative velocity  $v$  compressing the existing air. These two effects are derived from the general gas equation.

$$p_1 = m_{L1} \cdot R \cdot T \cdot V_1^{-1} \quad (11)$$

In the derivative, the volume increase is replaced by  $\dot{V}_1 = v \cdot A_1$  according to equation (2)

$$\dot{p}_1 = \dot{m}_{L1} \cdot R \cdot T \cdot V_1^{-1} - p_1 \cdot v \cdot A_1 \cdot V_1^{-1} \quad (12)$$

The corresponding differential equation for the right pressure is

$$\dot{p}_2 = \dot{m}_{L2} \cdot R \cdot T \cdot V_2^{-1} + p_2 \cdot v \cdot A_2 \cdot V_2^{-1} \quad (13)$$

## 2.3 Mass-Flow Model

In contrast to detailed valve models (Reuter & Braun, 2013), the mass flow through a valve is modelled without dynamics. If the valve is closed, the mass flow is zero immediately. If the valve is open, the direction of the mass flow is from the higher pressure to the lower pressure. Since four different mass flows have to be calculated, it is convenient to develop a general re-usable submodel with four formal input variables  $u$ =actuator signal ( $1=\text{TRUE}=\text{open}$ ),  $A_v$ =smallest crosssection,  $p_{ext}$ =external pressure,  $p_i$ =internal pressure in Volume  $i=1,2$ , and one formal output  $q$ , i.e. the mass flow. According to text books (Bohl and Elmendorf, 2014, equation (5.51)) the flow is modelled without considering friction and under the approximation that the pressure drop is concentrated at one single cross-section  $A_v$

$$q(u, A_v, p_{ext}, p_i) = \begin{cases} u \cdot A_v \cdot p_{ext} \cdot \frac{1}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f_v(p_i / p_{ext}) & \text{if } p_{ext} > p_i \\ -u \cdot A_v \cdot p_i \cdot \frac{1}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot f_v(p_{ext} / p_i) & \text{if } p_{ext} \leq p_i \end{cases} \quad (14)$$

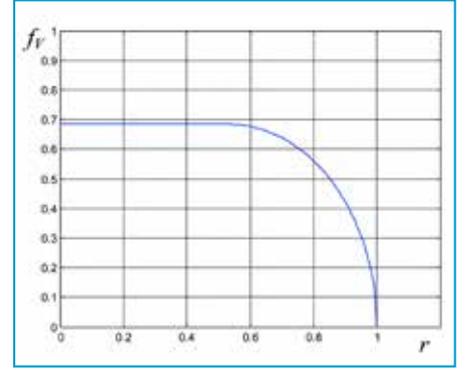


FIG. 2: Generalized mass-flow coefficient  $f_v$  depending on pressure ratio  $r$ .

The generalized mass-flow coefficient  $f_v$  depends only on the pressure ratio  $r$

$$f_v(r) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \cdot \left[ (r)^{\frac{2}{\kappa}} - (r)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]} & \text{if } r_{crit} < r \leq 1 \\ \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \cdot \left[ (r_{crit})^{\frac{2}{\kappa}} - (r_{crit})^{\frac{\kappa+1}{\kappa}} \right]} & \text{if } 0 < r \leq r_{crit} \end{cases} \quad (15)$$

$$\text{The critical pressure ratio } r_{crit} = \left( \frac{2}{\kappa+1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

is the argument at the maximum of the upper formula. If the pressure ratio is lower, the mass flow is independent of the lower pressure. This choked flow is described in detail by Blevins (1992) and Beater (2007). Figure 2 shows the  $f_v$  curve for air with  $\kappa=1.4$ . More sophisticated models considering friction and geometry (Blevins, 1992; Beater, 2007; Munson et al., 2006) need more parameters, which have to be determined by measurements.

The resulting pressure differential equations take the following form

$$\dot{p}_1 = ((q(u_1, A_{1v}, p_i, p_1) + q(u_2, A_{1a}, p_a, p_1)) \cdot R \cdot T - p_1 \cdot v \cdot A_1) \cdot (V_{10} + s \cdot A_1)^{-1} \quad (16)$$

$$\dot{p}_2 = ((q(u_2, A_{2v}, p_i, p_2) + q(u_1, A_{2a}, p_a, p_2)) \cdot R \cdot T + p_2 \cdot v \cdot A_2) \cdot (V_{20} + (s_{MAX} - s) \cdot A_2)^{-1} \quad (17)$$

### 3 MEASUREMENTS FOR MODEL VALIDATION

In order to check if the commercially available valves, tubes and cylinders follow the theoretical models of chapter 2, a testing equipment for pneumatic valves has been developed and realized in the laboratory for mechatronic systems (Stühler & Maier, 2012; Widler & Bothe, 2012; Hahn & Franz, 2013). Figure 3 shows the part of the setup used for validation measurements in this article. The big tank on the left contains the air at high pressure. The valve (Rexroth 5/3-valve, TC15 series, part number R422 100 992) is mounted on the way to the small tank on the right, representing the Volume  $V_1$  of the cylinder (compare Figure 1). In this setup, however, the Volume  $V_1$  remains constant, because there is no piston. The outlet blows directly into the ambience without any throttle valve. The pressures and the temperatures in the tanks are measured with very quick sensors: piezoresistive pressure transmitter PA-21Y/10bar/81554.33 from Keller Ges. für Druckmesstechnik, Jestetten; NiCr-Ni ther-

mo element HKMTSS-IM050E-200-2000 from Newport Electronics, Deckenpfronn.

The validation measurement is controlled by a PC with AD622 Data Acquisition Board (HUMUSOFT s.r.o., Praha). Figure 4 shows the binary actuator signals, the measured temperatures and the measured pressure. Although the valve ( $u_1$ ) is opened for only 0.3 s between  $t=2.0$ s and 2.3s, the absolute pressure is considerably built up from 1 to 7.2 bar. As long as the valve is closed, the pressure stays nearly constant. The opening ( $u_2$ ) between 3.0s and 3.3s releases the pressure to 2.7 bar. The temperature measurement reveals that the isotherm approximation made in chapter 2 is not valid for the small tank.

But the main question is, whether the model can predict the pressure signal so accurately that the fault detection observer can be based on the model. Hahn and Franz (2013) calibrated the Volume  $V_1 = 2.152 \cdot 10^{-3} \text{m}^3$ . They investigated the

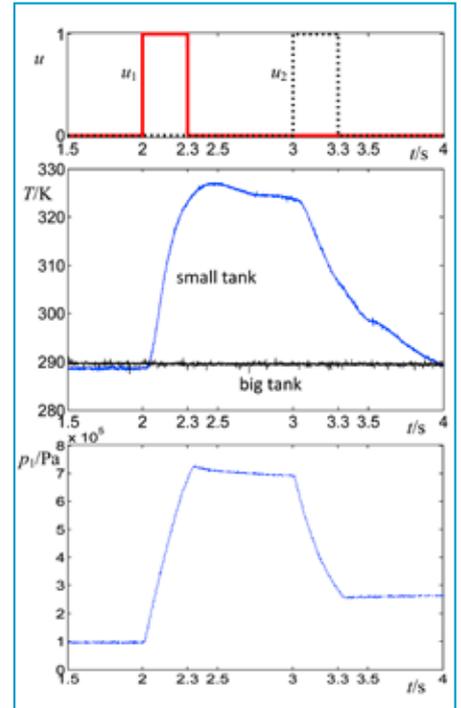


FIG. 4: Actuator and sensor signals of valve test.

smallest cross-section in the valve geometry. It is the connection 2 to the cylinder with  $6.235 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$ . This is larger than the cross section of the tube with an inner diameter of 7 mm (Franz, 2014). So the tube determines the mass flow with the cross section of  $3.85 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$ . Since the tubes have a certain length, the assumption of a single cross-section where the whole pressure drop is concentrated, is definitely wrong. In order to reflect the influence of the tube length, the parameter of the cross section might be slightly reduced. This reduction can be adjusted by comparisons between model and measurement.

Figure 5 shows the simulated pressure (solid, green) with the parameters

$$A_{lr} = 3.08 \cdot 10^{-5} \text{m}^2 \quad A_{le} = 3.85 \cdot 10^{-5} \text{m}^2$$

and the conditions

$$T = 290 \text{K} \quad p_i = 7.9 \cdot 10^5 \text{Pa} \quad p_a = 10^5 \text{Pa}.$$

The deviations from the measured pressure (dashed, blue) are acceptable. They arise mainly from following unmodelled effects:

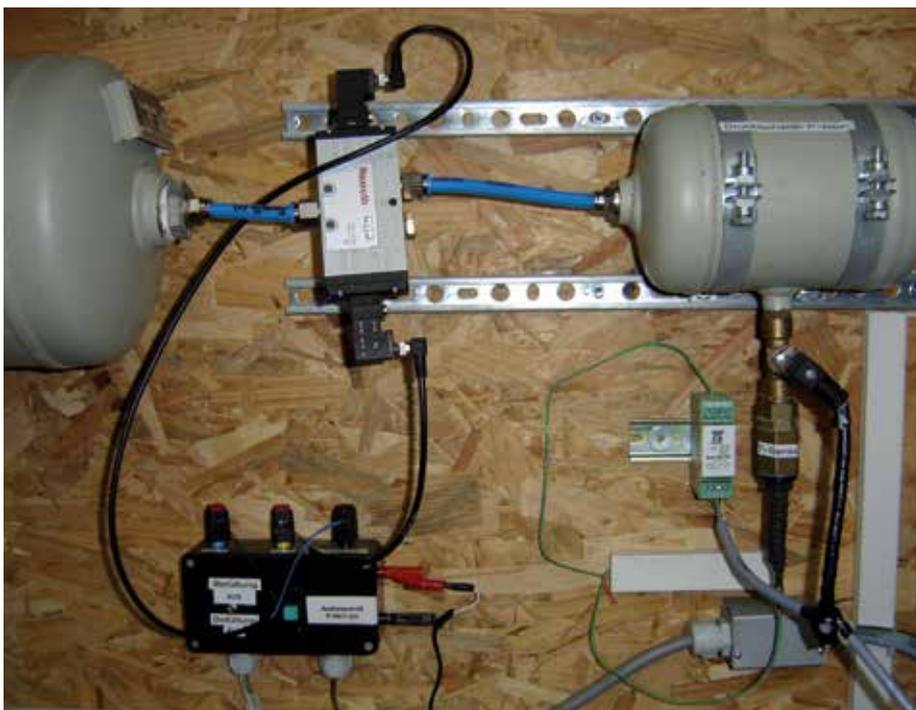


FIG. 3: Laboratory setup for testing pneumatic valves.

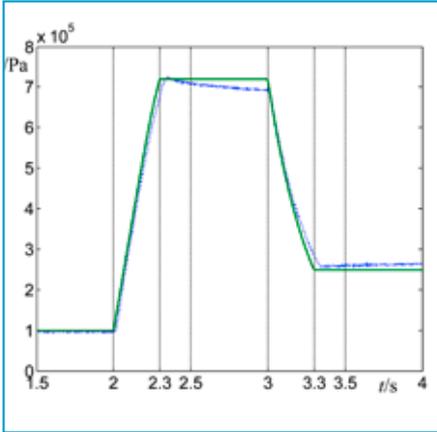


FIG. 5: Validation of mass-flow and pressure model (green, solid) versus real pressure (blue, dotted).

The temperature is not constant, the valve opens with a delay of 0.02 s and closes with a delay of 0.045 s, the pressure loss is distributed over many parts of the pathway of the air and additional pressure loss is caused by friction. Nevertheless, the main aspects of the pressure rise and release are covered by the model.

## 4 LINEARIZATION AND OBSERVER DYNAMICS

### 4.1 Linearization

The nonlinear state-space model is linearized around the following operating point OP with closed valve:

$$\mathbf{x}_{OP} = \begin{pmatrix} s_{OP} \\ v_{OP} \\ p_{1OP} \\ p_{2OP} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} s_{OP} \\ \mathbf{0} \\ p_{1OP} \\ p_{2OP} \end{pmatrix} \quad (18)$$

$$\mathbf{u}_{OP} = \begin{pmatrix} u_{1OP} \\ u_{2OP} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

The operating point must satisfy the equilibrium of forces

$$F_a(s_{OP}, p_{1OP}, p_{2OP}) = 0 \quad (19)$$

After removing the Coulomb friction the nonlinear model is prepared for linearization. Tedious work with partial derivatives yields the system matrix of the linearized system:

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ \frac{1}{m} \cdot F'_e(s_{OP}) & -\frac{1}{m} \cdot b & \frac{1}{m} \cdot A_1 & -\frac{1}{m} \cdot A_2 \\ 0 & -A_1 \cdot p_{1OP} / V_{1OP} & 0 & 0 \\ 0 & A_2 \cdot p_{2OP} / V_{2OP} & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (20)$$

The volumes at the operating point are introduced

$$V_{1OP} = V_{10} + s_{OP} \cdot A_1 \quad (21)$$

$$V_{2OP} = V_{20} + (s_{MAX} - s_{OP}) \cdot A_2 \quad (22)$$

$F'_e(s_{OP})$  denotes the derivative of the external force with respect to the position. If the slope is negative, it can be viewed as a local spring constant.

The eigenvalues of  $\mathbf{A}$  are calculated:

$$\lambda_1 = \lambda_2 = 0 \quad (23)$$

$$\lambda_{3/4} = -\frac{b}{2m} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4m^2} - \frac{c_{OP}}{m}} \quad (24)$$

The eigenvalues  $\lambda_1, \lambda_2$  indicate that the states  $p_1, p_2$  depend directly on  $s$  as long as the valve remains closed. The model dimension shrinks to two states. The eigenvalues  $\lambda_3, \lambda_4$  belong to the damped oscillation of the piston. The total spring constant  $c_{OP} = c_{GOP} - F'_e(s_{OP})$  summarizes the effects of the gas spring with  $c_{GOP} = A_1^2 \cdot p_{1OP} / V_{1OP} + A_2^2 \cdot p_{2OP} / V_{2OP}$  and the external mechanical spring force.

It has to be noted, that the valve type has enormous influence on the linearized system dynamics. If using a valve with open middle position, the air exchanges very quickly, the pressures rapidly converge to the external pressure, the eigenvalues  $\lambda_1, \lambda_2$  are negative. A common prerequisite for using valves with open

middle position is  $F_e = 0$ . The open middle position removes the gas spring. As a result of this, the eigenvalues  $\lambda_3, \lambda_4$  turn out to be  $\lambda_3 = -b/m$  representing the velocity decrease by viscous friction, and  $\lambda_4 = 0$  for the position which is not forced back to the operating point.

### 4.2 Observer design

The state variable of the observer is the estimated state  $\hat{\mathbf{x}}$ . The observer consists of the nonlinear state space model (equations (9), (10), (16), (17)) for extrapolation of the state dynamics and a linear state update from the actual measurement. The difference between the measurement and the estimated measurement is the innovation

$$\mathbf{e} = \mathbf{y} - \hat{\mathbf{y}} = \mathbf{y} - \mathbf{C} \cdot \hat{\mathbf{x}} \quad (25)$$

The feedback of the scalar position innovation to the state estimate is realized by the observer gain matrix

$$\mathbf{K}_F = \begin{pmatrix} k_s \\ k_v \\ k_{p1} \\ k_{p2} \end{pmatrix} \quad (26)$$

In the field of fault detection the focus is on the innovation, the quality of the state estimate is less important. The innovation reflects four sources of difference:

- 1) measurement disturbances
- 2) unknown process disturbances (e.g. lower tank pressure)
- 3) model deviations (mainly mechanical friction, uncertain cross-sections, air temperature)
- 4) faults (collisions)

From the point of view of innovation dynamics, the observer can be seen as a high pass filter (Gertler, 1991). The sudden faults are to be detected in the innovation signal because they arise more rapidly

than the process disturbances and the model deviations, which are assumed to exist mainly in the low-frequency range. The measurement disturbances are not a problem in this context. They contain high-frequency noise, but the amplitude is so low, that the innovation is not lifted over the detection threshold. The innovation dynamics of the observer has to be optimized to distinguish faults from process disturbances and model deviations. As a starting point for optimization, a filter time constant  $T_F=0.1s$  may be reasonable.

In this article, the pressures (states 3 and 4) are not updated from the position innovation, because they are not observable. The observer gain matrix is simplified to

$$\mathbf{K}_F = \begin{pmatrix} k_s \\ k_v \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad (27)$$

The two gain factors in this matrix are calculated by pole-placement. Two of the four roots of the characteristic polynomial

$$\begin{aligned} & \text{Det}(\lambda \mathbf{I} - (\mathbf{A} - \mathbf{K}_F \mathbf{C})) \\ &= \lambda^4 + \lambda^3 \cdot \left( k_s + \frac{b}{m} \right) \\ &+ \lambda^2 \cdot \left( k_v + k_s \cdot \frac{b}{m} + \frac{c_{OP}}{m} \right) \\ &+ \lambda \cdot \left( k_s \cdot \frac{c_{GOP}}{m} \right) \end{aligned} \quad (28)$$

are placed at

$$\lambda_{F3} = \lambda_{F4} = -\frac{1}{T_F} \quad (29)$$

by

$$k_s = \frac{\frac{2}{T_F} - \frac{b}{m}}{1 - T_F^2 \cdot \frac{c_{GOP}}{m}} \quad (30)$$

$$k_v = \frac{2}{T_F} \cdot \frac{b}{m} - \frac{3}{T_F^2} - \frac{c_{OP}}{m} + \frac{\left( \frac{2}{T_F} - \frac{b}{m} \right)^2}{1 - T_F^2 \cdot \frac{c_{GOP}}{m}} \quad (31)$$

By this choice, the other observer eigenvalues are located at

$$\lambda_{F1} = 0 \quad (32)$$

$$\lambda_{F2} = -\frac{2}{T_F} + \frac{b}{m} + k_s \quad (33)$$

As one of the aims of observer design is the independence of model deviations, the equations above motivate a fast observer time constant, faster than the mechanical dynamics

$$\frac{1}{T_F} > \frac{b}{m} \quad (34)$$

$$\frac{1}{T_F} > \sqrt{\frac{c_{GOP}}{m}} \quad (35)$$

$$\frac{1}{T_F} > \sqrt{\frac{c_{OP}}{m}} \quad (36)$$

### 4.3 Fault-Detection by setting a threshold to the observer innovation

A simple, but practicable detection scheme is a threshold  $\eta$  for the absolute innovation. If  $|e| > \eta$ , a fault is detected. If faced with a bad signal-to-noise ratio, more sophisticated methods based on cumulative-sum tests are a good choice, for instance the dynamic Hinkley-detector DHD (Schultze, 1993).

After tuning the observer dynamics, the innovation  $e$  is recorded over several maneuvers of motion without faults. The maximum  $\max |e|$  of the absolute value is determined. The fault detection threshold  $\eta$  is defined well above this value ( $\eta \approx 1.5 \cdot \max |e|$ ), so that false alarms do not occur.

## 5 THE MODEL AND THE OBSERVER AS PLC PROCESS

The configuration of a modern PLC like TwinCAT allows to define several processes with specific cycle times (sampling periods). The fault detection algorithm is to be programmed as a separate process with a cycle time of roughly  $T_s=1ms$ . The sensor information and the unchecked actuator commands are inputs to the process. The status variables (signaling lights) and the checked actuator commands are the output.

Starting the normal operation, the state estimate  $\hat{\mathbf{x}}$  is initialized by the position sensor value, zero velocity and ambient pressure.

In each operating cycle, following operations are performed:

- Based on the actual state estimate  $\hat{\mathbf{x}}$  and the actual actuator command  $\mathbf{u}$ , the derivative  $\dot{\hat{\mathbf{x}}}$  is calculated according to the nonlinear equations (9), (10), (16), (17). The mass-flow function  $q(u, A, p_{ext}, p_i)$  is programmed as re-

usable function block (eq. (14)). The function  $f_V(r)$  is realized as lookup table based on an array of values (eq.(15), Figure 2).

- The extrapolated state estimate is calculated by Euler-integration over one cycle-time  $T_s$

$$\hat{\mathbf{x}} := \hat{\mathbf{x}} + T_s \cdot \dot{\hat{\mathbf{x}}} \quad (37)$$

- The corresponding estimated position is compared with the measured position. The innovation  $\mathbf{e}$  is calculated according to equation (26).

- The extrapolated state estimate is updated by the measurement information

$$\hat{\mathbf{x}} := \hat{\mathbf{x}} + T_s \cdot \mathbf{K}_F \cdot \mathbf{e} \quad (38)$$

- The absolute innovation is compared with the threshold, as explained in section 4.3.

In normal operation, the unchecked actuator commands are passed to the checked output. If a fault is detected, the operation is shut down immediately. The checked actuator outputs are set to FALSE.

## 6 OPERATING EXPERIENCE WITH X- AND Y-AXIS OF A PNEUMATIC PORTAL ROBOT

The purpose of the portal robot is the loading of workpieces from a container to another container on a scale. The electromagnet takes 1 to 5 workpieces at once. For all the 6000 workpieces the robot has to move about 2500 times from one container to the other. By these experiments, the scale is tested with a total load of 900 kg. The complete loading or unloading is done automatically without human supervision within 4 to 5 hours.

Figure 6 shows a photograph of the robot with the x-, y- and z-axis. On top of the robot, three colored lights show the status of operation. Green means normal operation, orange signalizes a fault detected by the observer, red stands for a stop because the coordinate of one axis has exceeded the predefined interval.

### 6.1 Special aspects of the laboratory robot

The cylinders of the x-axis (3m) and the y-axis (1.25m) have pistons without rod. The piston areas  $A_1=A_2=2.547 \cdot 10^{-4} \text{m}^2$  are equal, identical for both axes. The valves have a special open middle-position, connecting both volumes with the tank pressure.

### 6.2 Parameters of the portal robot

Motz and Stocklas (2010) carried out measurements resulting in following parameters:

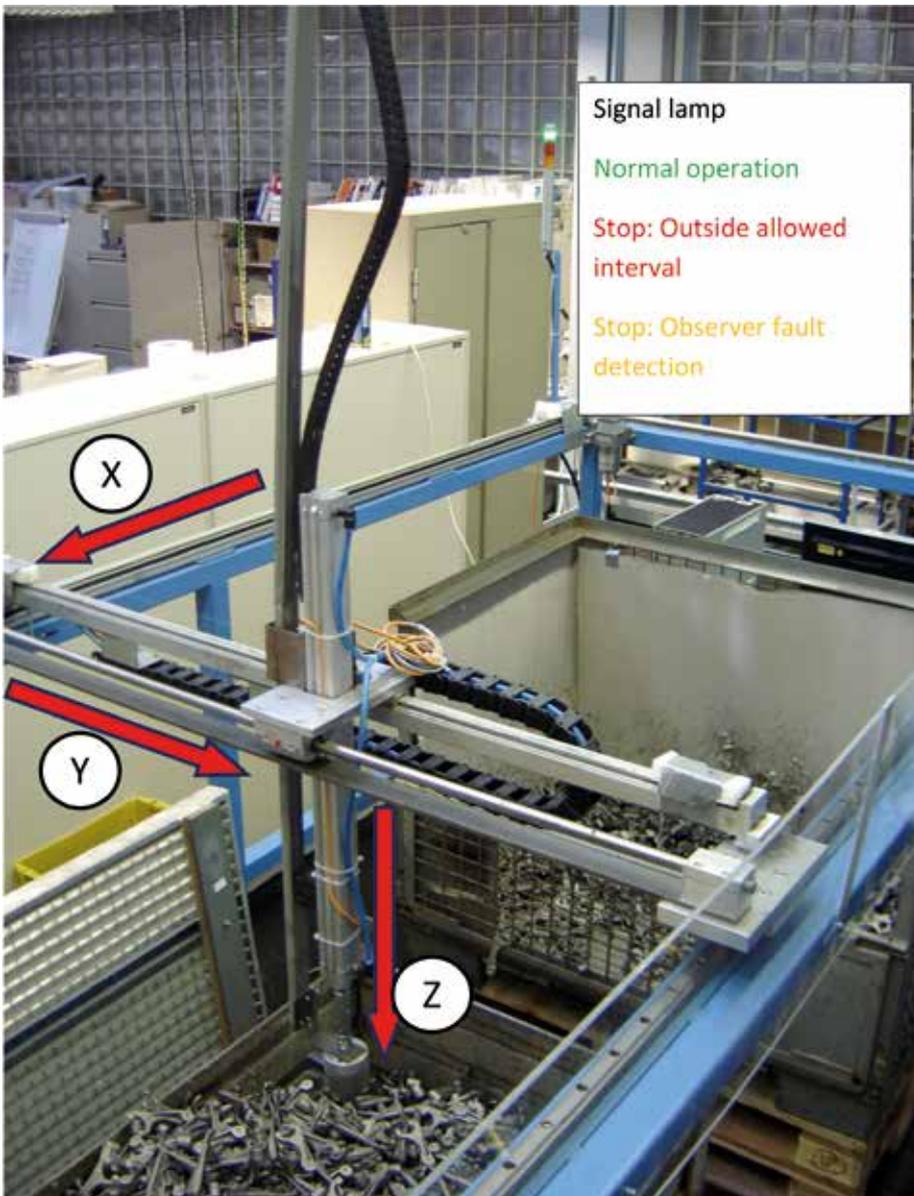


FIG. 6: Pneumatic portal robot for loading and unloading iron workpieces.

The mechanical parameters of the x-axis are  $m = 20.5 \text{ kg}$ ,  $b = 10 \text{ kg/s}$ ,  $F_f = 90 \text{ N}$ .

The mechanical parameters of the y-axis are  $m = 7 \text{ kg}$ ,  $b = 40 \text{ kg/s}$ ,  $F_f = 90 \text{ N}$ .

$$T = 293\text{K} \quad p_i = 9 \cdot 10^5\text{Pa} \quad p_a = 10^5\text{Pa}$$

The smallest cross-sections occur at narrow tube connectors, one in each tube between valve and cylinder.  $A_{1c} = A_{1t} = A_{2c} = A_{2t} = 7.068 \cdot 10^{-6}\text{m}^2$  are identical for both axes.

The subsequent linearization and the observer design are quoted only for the x-axis. With  $V_{10} = V_{20} = 2.83 \cdot 10^{-5}\text{m}^3$  Motz and Stocklas (2010) obtain the following system matrix (in SI-units)

$$\mathbf{A} = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -3.17 & 1.24 \cdot 10^{-5} & -1.24 \cdot 10^{-5} \\ 0 & -5.59 \cdot 10^5 & -223.5 & 0 \\ 0 & 5.59 \cdot 10^5 & 0 & -223.5 \end{pmatrix} \quad (39)$$

and eigenvalues

$$\lambda_1 = 0\text{s}^{-1} \quad \lambda_2 = -3.17\text{s}^{-1} \quad \lambda_3 = \lambda_4 = -223.5\text{s}^{-1}.$$

### 6.3 Observer design and realization

Observer design by pole-placement at  $\lambda_{F1} = -10\text{s}^{-1}$ ,  $\lambda_{F2} = -32.3\text{s}^{-1}$ ,  $\lambda_{F3} = \lambda_{F4} = -223.5\text{s}^{-1}$  yields following observer gain matrix (Motz & Stocklas, 2010)

$$\mathbf{K}_F = \begin{pmatrix} 39\text{s}^{-1} \\ 197\text{s}^{-2} \\ -4.99 \cdot 10^5 \text{ Pa m}^{-1}\text{s}^{-1} \\ 4.99 \cdot 10^5 \text{ Pa m}^{-1}\text{s}^{-1} \end{pmatrix} \quad (40)$$

However, the gains in the third and fourth row are numerically uncertain. Leaving them away according to equation (28) would result in identical poles.

As stated in chapter 5, the observer is realized in TwinCAT with the complete nonlinear model. Only the measurement update with the matrix  $\mathbf{K}_F$  is linear.

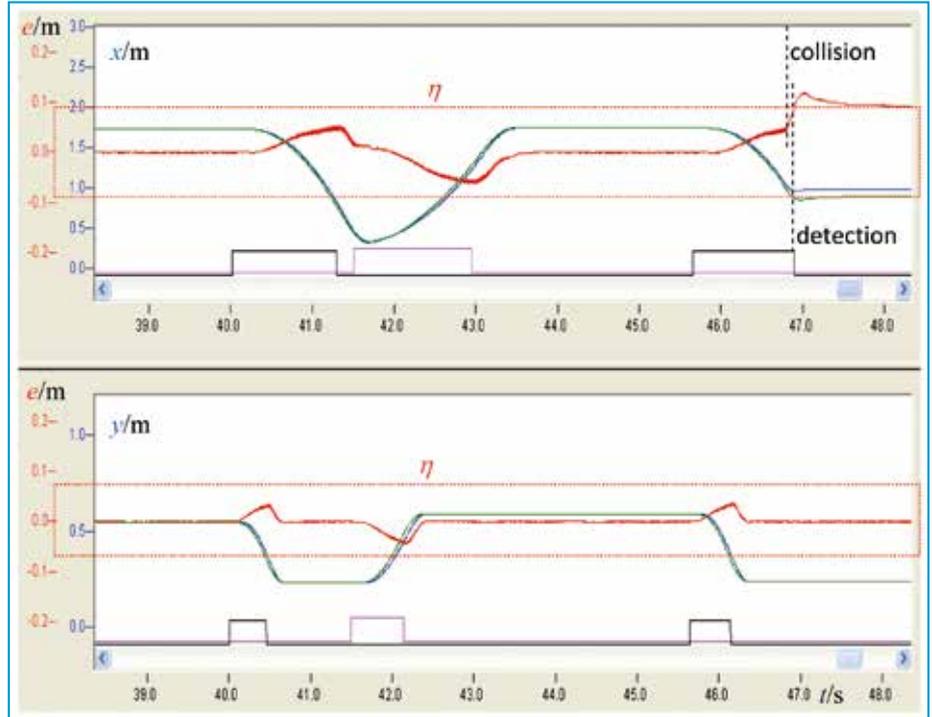


FIG. 7: TwinCAT ScopeView recording from x- and y-axis. Actuator signals ( $u$ , magenta,  $u_2$  black), measured positions (blue), estimated positions (green), and the difference (innovation  $e$  red, magnified scale) together with the detection threshold ( $\eta$  red, dotted). A collision is artificially provoked during the negative motion of the x-axis. It takes only 0.07 seconds until detection and safety shut-off of the valves.

After the observer has been implemented as a separate process in the PLC controlling the portal robot, the actuator and sensor signals, the state estimate and the innovation are recorded in long experiments with manual and automatic operation. An impression of the behavior of the observers for the x- and the y-axis can be obtained from the left part of Figure 7. Between 40 and 41.5 s both axes move negative. The robot takes the workpieces from one container to the other. Directly after dropping them (41.5s) the valves for the opposite direction are opened. Both axes move positive to the pick-up position, reached at 43.5s. The following downward-upward motion of the z-axis is not shown in Figure 7. The state estimate (green) tracks the position very well. Especially in the acceleration phase, the differences are very small. This is an evidence for the practical value of the pressure model

and the mass-flow model, developed in section 2. The innovations increase with the velocity to about 0.07m in the x-axis and 0.04m in the y-axis. Note that the estimate moves faster than the measurement. Probably the tank pressure is lower than assumed.

### 6.4 Setting the thresholds

The thresholds are defined (Motz & Stocklas, 2010) as  $\eta_x = 0.09\text{m}$  and  $\eta_y = 0.07\text{m}$ . They are shown in Figure 7 as red dotted lines.

### 6.5 Reaction to a detected fault

After the thresholds have been defined, the observer is able to detect a fault. In case of detection, the actuator signals are immediately set to FALSE. The robot is stopped. This is realized in the following way. There are two processes in the TwinCAT PLC. Process 1 contains the

programs for the manual and automatic motion, including a graphical user interface for manually teaching the pick-up positions and the drop position. The programs and function blocks of process 1 may be maintained or changed by students working in the laboratory. The actuator outputs of process 1 are not directly transferred to the valves. They are passed to process 2. Process 2 is the fault detection observer including the signaling with the three lights and another graphical user interface with a reset button. Only in normal operation (green light), process 2 passes the actuator commands to the valves. From the moment of fault detection (orange light), process 2 sends FALSE as actuator signal to the valves. This safety function cannot be manipulated from process 1. All the programs and function blocks of process 2 are protected by username and password.

The detection of a fault and the immediate stop of the actuator is illustrated on the right side of Figure 7, top. A collision of the x-axis is intentionally provoked at 47.82 s. The innovation rises over the threshold at 47.89 s, a fault is detected, the actuator is simultaneously set to FALSE.

After resolving the collision and re-adjusting process 1, the operator clicks on the reset button of process 2. The light changes to green, the normal operation continues.

Avideofile 'Portalrobot\_faultdetection\_reset.mpg' of the robot operation with fault detection and reset can be downloaded from <http://www.htwg-konstanz.de/FuE-Projekte-der-Fakultaet-Mas.3070.o.html#c21570>

### 6.6 Long-term experience

Since 2010, the supervision process 2 protects the robot and adds safety for the students in the laboratory. During about 100 loading/unloading experiments carried out in students' projects, the supervision has worked without any false alarm.

It has turned out to be very worthwhile, when collisions with the container, blocked bearings or missing pressure were quickly detected. Luckily it never has had to detect a collision with a human. Nevertheless, the fast response, shown in Figure 7 and in the video, yields a higher degree of safety.

The strict separation of processes 1 and 2 is especially useful when student groups try out their programming exercises at the portal robot. Whatever happens in process 1 due to incomplete programs, the supervision process 2 reliably shuts off the valves.

## 7. CONCLUSION AND OUTLOOK

The nonlinear dynamic models developed in this article are precise enough to be applied in fault detection observer schemes. The general procedure to set up a model, to linearize it, to tune the observer, to determine the detection threshold and to realize the supervision process in a PLC is described. One of the key issues is the combination of the nonlinear model for extrapolation with the linear feedback for measurement update.

In the future, the developed dynamical model for pneumatically driven axes may gain a second benefit. Virtual operation means to interconnect a 3D virtual reality model, the dynamic model and a PLC controller. The potential benefits and challenges are examined by Spicker (2012) for industrial companies. For teaching purposes, this additional use of the dynamic model promises large advantages. Students may test their exercise programs independently of the laboratory and without danger.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The portal robot was originally constructed by A. Rendler and A. Hirt during a construction project in the laboratory of mechatronic systems. The construction was refined by M. Schneider, A. Michel

and D. Hoffmann. This article is based on further projects carried out in the laboratory of mechatronic systems by B. Jung, M. Motz, M. Stocklas, J. Stühler, J. Maier, D. Widler, S. Bothe, S. Hahn and K. Franz. Their work, their ideas and their commitment are gratefully acknowledged. Special thanks are expressed to M. Rescheleit for excellent cooperation in supervising the students' projects and for keeping the robot and the valve test equipment in a maintained operational state. The engagement of many colleagues who took part in modelling discussions, who organized the funding of the projects, who ordered components, who welded the steel frame of the robot, who produced parts in the workshop and who maintain the compressor, is gratefully acknowledged. Many companies support our projects by special offers or even 100% discount. D. Völkle of Beckhoff Automation GmbH helped configuring the two processes in the PLC with profound experience.

---

## REFERENCES

### Project reports created in the laboratory of mechatronic systems

- [B. Jung (2009)], Regler-Optimierung und Fehlererkennung bei einem dreiachsigen Portalroboter zum Umladen von Werkstücken, Bachelorarbeit, HTWG Konstanz, Labor für mechatronische Systeme
- [M. Motz, M. Stocklas (2010)], Beobachter mit Fehlererkennung für einen Portalroboter, Projektarbeit, HTWG Konstanz, Labor für mechatronische Systeme
- [J. Stühler, J. Maier (2012)], Entwicklung eines Messaufbaus zur Aufnahme von Ventilkennlinien in der Pneumatik, Projektarbeit, HTWG Konstanz, Labor für mechatronische Systeme
- [D. Widler, S. Bothe (2012)], Umbau eines Ventilprüfplatzes, Projektarbeit, HTWG Konstanz, Labor für mechatronische Systeme
- [S. Hahn, K. Franz (2013)], Pneumatik-Ventilprüfstand, Projektarbeit, HTWG Konstanz,

Labor für mechatronische Systeme  
[K. Franz (2014)], Überprüfung der Ergebnisse der Projektarbeit Pneumatik-Prüfstand, Kurzbericht, HTWG Konstanz, Labor für mechatronische Systeme

[D. Spicker (2012)], Darstellung des Prozesses Virtuelle Inbetriebnahme bezogen auf Montageanlagen im Sondermaschinenbau, Bachelorarbeit, HTWG Konstanz und Rohwedder Macro Assembly GmbH, Bermatingen

#### Other references

[P. Beater (2007)], Pneumatic Drives, Springer, Berlin, Heidelberg

[R. D. Blevins (1992)], Applied Fluid Dynamics Handbook, reprint edition with corrections, Krieger, Malabar FL

[W. Bohl, W. Elmendorf (2014)], Technische Strömungslehre, 15. Aufl., Vogel, Würzburg

[C. Bruch (2002)], Modellbildung eines elektropneumatischen Kupplungsstellers und simulative Untersuchungen zur Positionsregelung, Diplomarbeit, HTWG Konstanz und ZF AG, Friedrichshafen

[J. Gertler (1991)], Analytical redundancy methods in fault detection and isolation, Proceedings of the IFAC/IMACS-symposium on fault detection, supervision and safety for technical processes SAFEPROCESS 91, Baden-Baden, Germany, Preprints Vol. 1, pp 9-21

[R. Isermann, Editor (1994)], Überwachung und Fehlerdiagnose, VDI-Verlag, Düsseldorf

[B.R. Munson, D.F. Young, T.H. Okiishi (2006)], Fundamentals of Fluid Mechanics, 5. ed., John Wiley & Sons, Hoboken NJ

[J. Reuter, T. Braun (2013)], Ein verteilt-parametrischer Ansatz zur Regelung von Dualspulventilen, HTWG FORUM, 2013/2014, 68-75

[R. Patton, P.M. Frank, R.N. Clark, Editors (1989)], Fault diagnosis in dynamic systems – theory and applications, Prentice-Hall, New York

[R. Schultze (1993)], Sprungerkennung für die Systemidentifikation von Schiffen und zur Analyse von Patch-Clamp-Daten, VDI-Fortschrittberichte Reihe 8 Nr. 347, VDI-Verlag, Düsseldorf

[R. Schultze (1999)], Multiple-observer scheme for safe navigation, Control Engineering Practice 7, 1279-1289

# THREAD-SICHERHEIT VON OBJEKTORIENTIERTEN KLASSEN UND PROGRAMMEN

*Oliver Haase*



**Prof. Dr. Oliver Haase**

ist Professor für Verteilte Systeme und Software Engineering an der Fakultät

Informatik und Vizepräsident Forschung und Transfer der HTWG Konstanz.

## 1 EINFÜHRUNG

Moderne Desktop-Computer, aber auch Laptop, Tablets und sogar Smartphones verfügen nicht mehr über nur einen Prozessor, sondern über mehrere Prozessoren bzw. Kerne. Diese Mehrkernsysteme sind in der Lage, mehrere Programme gleichzeitig oder auch ein Programm parallelisiert, d.h. in mehreren sogenannten nebenläufigen Threads, auszuführen. Die nebenläufige Ausführung eines Programms setzt jedoch voraus, dass das Programm entsprechend geschrieben wurde, d.h. dass Nebenläufigkeit bereits im Programmcode berücksichtigt ist [PGB+05].

Dazu muss der Programmierer zwei Dinge tun: Er muss (1) diejenigen Programmteile identifizieren, die nebenläufig, also parallel ausgeführt werden können, und er muss (2) die Interaktion dieser nebenläufigen Programmteile untereinander programmieren, damit sie ihre Zwischenergebnisse miteinander austauschen können. Diese Interaktion findet üblicherweise in Form von wechselseitigem Schreiben auf und Lesen von gemeinsamen Speicherbereichen statt; in der heute üblichen objektorientierten Programmierung sind dies gemeinsam genutzte Objekte. Der konkurrierende Zugriff auf gemeinsame Objekte ist jedoch ein schwieriger und fehleranfälliger Aspekt der parallelen Programmierung. Wenn die Schreib- und Leseoperationen nicht korrekt synchronisiert werden, kann es zu sogenannten Änderungsanomalien kommen, die zu inkonsistenten, d.h. korrupten Daten, führen können. Unter Synchronisation versteht man in diesem Zusammenhang, dass konkurrierende Zugriffe auf gemeinsame Daten nacheinander ausgeführt werden müssen, damit sie sich nicht ungewünscht gegenseitig überschreiben. Fehlende oder fehlerhafte Synchronisierung gehört zur häufigsten Fehlerquelle in der modernen Programmierung; darüber hinaus sind diese Fehler deshalb

besonders schwerwiegend, weil sie meistens nur sporadisch auftreten, deshalb schwer reproduzierbar und kaum testbar sind.

In diesem Artikel werden die verschiedenen Aspekte der Thread-Sicherheit von objektorientierten Programmen beleuchtet. Dazu betrachten wir einerseits den Begriff der threadsicheren Klasse, andererseits die threadsichere Verwendung von Klassen und schließlich, wie beide Aspekte bei der Erstellung eines threadsicheren Programms zusammenspielen.

## 2 THREADSICHERE KLASSEN

Die Grundkonzepte objektorientierter Programmiersprachen sind Klassen und deren Laufzeitinstanzen, die Objekte. Wie in Abschnitt 1 beschrieben, besteht die Schwierigkeit nebenläufiger Programme darin, dass bei fehlender oder fehlerhafter Synchronisierung die Daten einzelner Objekte in inkonsistente Zustände kommen können. Umgekehrt spricht man von einem threadsicheren Programm, wenn dies nicht passieren kann.

Auf der Ebene von Klassen spricht man von threadsicheren Klassen, wenn die Klasseninstanzen, also die Objekte, nicht in inkonsistente Zustände geraten können, unabhängig davon, in welcher zeitlichen Verzahnung verschiedene Threads auf die Objekte zugreifen. Die Threadsicherheit einer Klasse ist eine absolute Eigenschaft; eine threadsichere Klasse ist immer threadsicher, egal wie und von welchen anderen Klassen sie genutzt wird. Um eine threadsichere Klasse zu erstellen, muss der Programmierer sich im klaren darüber werden, welche Objektvariablen den Zustand der Objekte ausmachen und welche Bedingungen diese Werte immer erfüllen müssen, damit die Objekte sich in einem konsistenten Zustand befinden, und er muss dann den Zugriff auf den Zustand entsprechend schützen, in der Regel durch geeignete Synchronisationsmechanismen. Dies

alles ist eine komplexe und fehlerträchtige Aufgabe, zudem fehlt es an geeigneter Werkzeugunterstützung.

Es gibt allerdings Spezialformen von Threadsicherheit, die einfacher zu erstellen sind. Zustandslose Klassen sind solche, die gar keine Daten enthalten und die deshalb auch nicht in inkonsistente Zustände gebracht werden können. Die Objekte unveränderbarer Klassen enthalten zwar Daten, die aber nicht von außen verändert werden können. Naheliegenderweise sind sowohl zustandslose als auch unveränderbare Klassen immer auch threadsicher. Die Enthaltensein-Beziehung zwischen zustandslosen, unveränderbaren und threadsicheren Klassen ist in Abbildung 1 dargestellt.

### 3 THREADSICHERE VERWENDUNG VON KLASSEN

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, kann eine threadsichere Klasse beliebig verwendet werden, ohne dass es zu Nebenläufigkeitsproblemen kommt. Ein Programm muss jedoch nicht ausschließ-

lich aus threadsicheren Klassen bestehen, um insgesamt threadsicher zu sein. Wichtig ist allerdings, dass nicht-threadsichere Klassen auf eine threadsichere Art verwendet werden. Konkret bedeutet das, dass für Klassen, die Zugriffe auf ihre Objekte nicht selbst geeignet synchronisieren, die Zugreifenden selbst ihre Zugriffe – quasi von außen – synchronisieren müssen.

Im Kontext eines bestimmten Programms kann man für jede Klasse entscheiden, ob auf ihre Objekte kontrolliert – also threadsicher – oder nicht-threadsicher zugegriffen wird. Klassen, auf die kontrolliert zugegriffen wird, werden threadsicher verwendet im Kontext des Gesamtprogramms. In einem anderen Programm (oder wenn sich Teile desselben Programmes ändern), werden dieselben Klassen möglicherweise nicht-threadsafe verwendet. Bei der threadsicheren Verwendung einer Klasse handelt es sich also, im Gegensatz zur (absoluten) Thread-Sicherheit einer Klasse, um eine relative Eigenschaft.

Ähnlich wie es Spezialformen der Threadsicherheit gibt, gibt es auch Spezialformen der threadsicheren Verwendung. Thread-beschränkte Klassen sind solche, deren Objekte nur von einem Thread verwendet werden. Da der Zugriff innerhalb eines Threads immer seriell geschieht, muss der Zugriff auf solche Objekte nicht kontrolliert werden, um threadsicher zu sein. Eine noch speziellere Form stellt die Stack-Beschränkung dar, bei der Objekte nie den Thread-eigenen Methodenstack verlassen und deshalb für andere Threads nicht zugreifbar werden. Der Zusammenhang zwischen den genannten Arten der threadsicheren Verwendung ist in Abbildung 2 dargestellt.

### 4 THREADSICHERE PROGRAMME

In Abschnitt 2 ging es um solche Klassen, die unabhängig von ihrer Benutzung immer threadsicher sind, in Abschnitt 3 um jene, die im Kontext eines konkreten Programms threadsicher verwendet werden. Um die Threadsicherheit eines Gesamtprogramms zu erreichen, darf es nur aus threadsicheren und threadsicher verwendeten Klassen bestehen. Umgekehrt ausgedrückt ist ein Programm nicht threadsicher, wenn es nicht-threadsichere Klassen enthält, die nicht threadsicher verwendet werden. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 3 veranschaulicht.

Für die Korrektheitsprüfung eines Programms ist es wichtig, diejenigen Klassen zu identifizieren, die weder threadsicher sind noch threadsicher verwendet werden. Alle anderen Klassen sind unkritisch in Hinsicht auf Nebenläufigkeit!

Wie bereits in Abschnitt 2 beschrieben, ist die automatische Überprüfung auf Threadsicherheit einer Klasse schwierig, unter anderem deshalb, weil der Entwickler dazu spezifizieren muss, welche Eigenschaften die Objekte der Klasse immer einhalten müssen. Solche Spezifikationen existieren derzeit in der Regel nicht. Die Unverän-

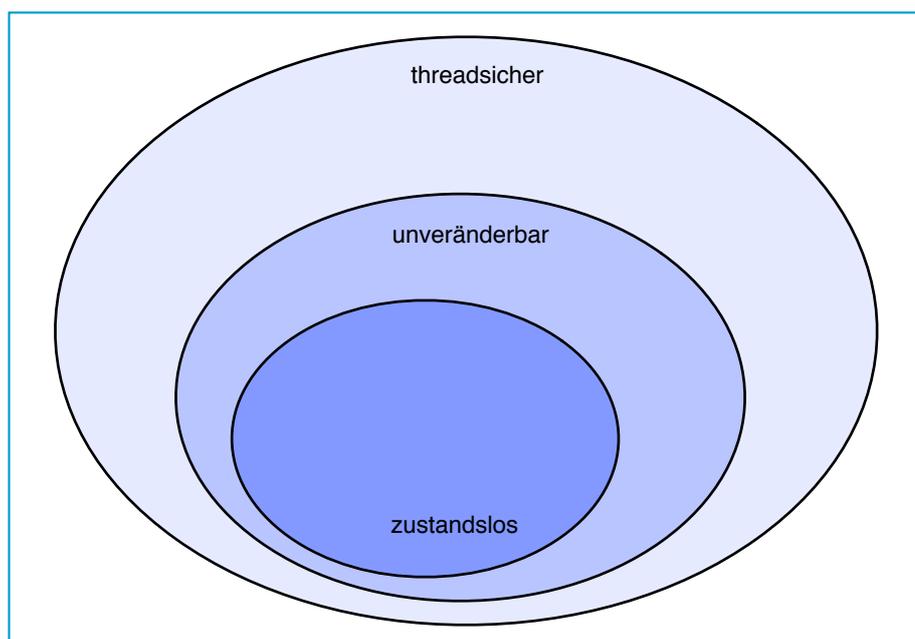


ABB. 1: Die Beziehung zwischen threadsicheren, unveränderbaren und zustandslosen Klassen.

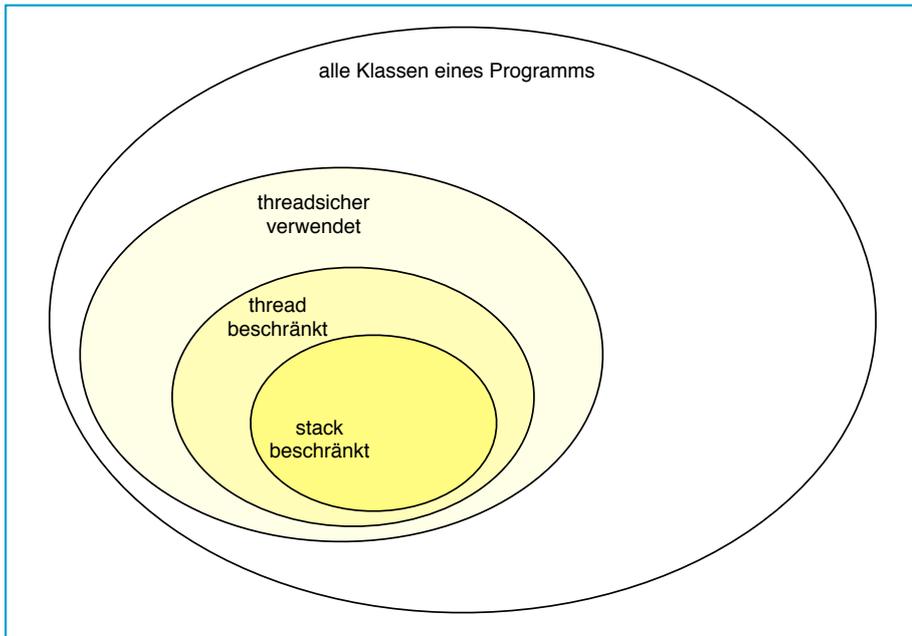


ABB. 2: Beziehung zwischen threadsicher verwendeten, Thread-beschränkten und Stack-beschränkten Klassen.

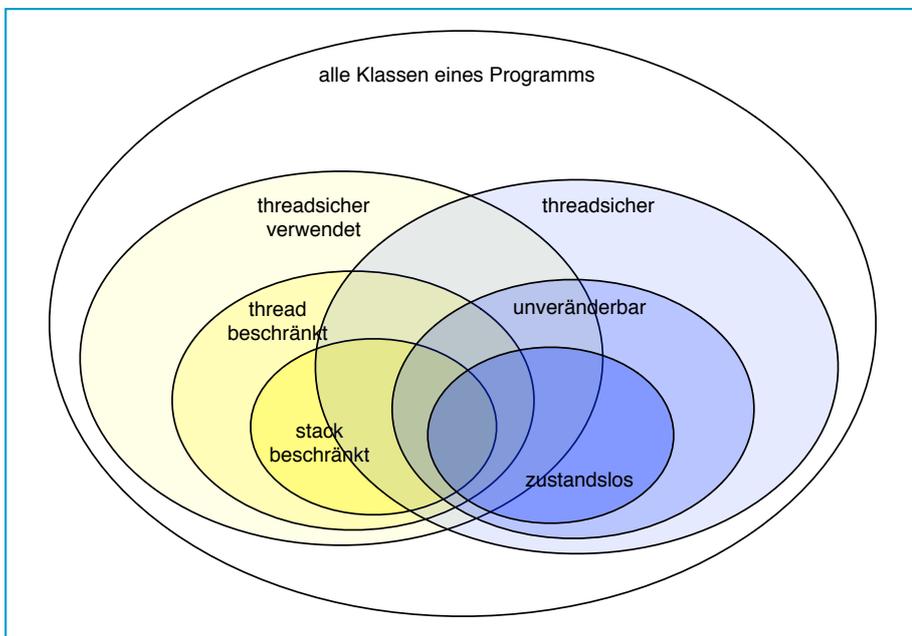


ABB. 3: Threadsicherheit eines Programms. Alle verwendeten Klassen müssen sich in einer der farbig hinterlegten Mengen befinden, also threadsicher sein, threadsicher verwendet werden oder beides.

derbarkeit von Klassen lässt sich jedoch automatisch überprüfen, womit zumindest eine Teilmenge der threadsicheren Klassen identifiziert werden kann. Genau dies leistet das Software-Werkzeug `jic`

(Java immutability checker), das die Unveränderbarkeit von Java-Klassen analysiert [`jic`]. `Jic` wurde in Zusammenarbeit mit studentischen Mitarbeitern im Rahmen des Seerhein-Labs entwickelt.

Ergänzend dazu entwickeln wir derzeit ein weiteres Software-Werkzeug, `jea` (Java escape analysis), das die Stack-Beschränktheit von Klassen im Kontext eines Gesamtprogramms überprüft. In Kombination sollen die beiden Werkzeuge für ein gegebenes Programm einen möglichst großen Teil derjenigen Klassen automatisch bestimmen, die unkritisch sind im Sinne der Threadsicherheit des Gesamtprogramms. Diese Klassen müssen dann weder beim Testen noch gegebenenfalls bei der Fehlersuche berücksichtigt werden<sup>2</sup>. Dies hilft dem Entwickler, sich auf kritische Regionen des Programms zu konzentrieren, spart Entwicklungszeit und verbessert die Programmqualität.

## 5 WEITERFÜHRENDE ARBEITEN

Wie in Abschnitt 4 beschrieben, nähert sich die automatische Analyse der Threadsicherheit eines Programms über die Unveränderbarkeit von Klassen einerseits und ihre Stack-Beschränktheit andererseits. Das Werkzeug `jic` würde noch hilfreichere Ergebnisse liefern, wenn es auch die Thread-Sicherheit von veränderbaren Klassen erkennen könnte. Das ist prinzipiell möglich, erfordert aber, dass der Entwickler die Nachbedingungen und Invarianten der zu überprüfenden Klassen spezifiziert. Dies wäre eine auch im Hinblick auf einen angepassten und bewussteren Entwicklungsprozess eine sehr herausfordernde und interessante Aufgabe.

Das Werkzeug `jea` seinerseits könnte in einer erweiterten Version nicht nur Stack-, sondern auch Thread-beschränkte Klassen identifizieren. Diese Erweiterung ist von der Analysetechnik her anspruchsvoll, erfordert aber – im Gegensatz zur Thread-Sicherheit einer Klasse – keine Unterstützung durch den Entwickler. Diese Erweiterung wird deshalb der nächste Schritt bei der Weiterentwicklung unserer Analyse-Werkzeuge für Thread-Sicherheit sein.

---

## FUSSNOTEN

[1]: Diese Betrachtungen gelten im übrigen auch für rein serielle Programme. In einem rein seriellen Programm werden alle Klassen automatisch threadsicher verwendet, so dass die hellgelbe Menge in Abbildung 3 mit der weißen Gesamtmenge zusammenfällt, woraus sich die Threadsicherheit des Gesamtprogramms ergibt.

[2]: Natürlich nur im Sinne der Threadsicherheit. Andere Korrektheitstests müssen auch für solche Klassen durchgeführt werden, ebenso wie eventuelle Fehlersuchen, die nicht mit Nebenläufigkeit zusammenhängen.

---

## LITERATUR

[ACSE99] Jonathan Aldrich, Craig Chambers, Emin Gun Sirer, and Susan Eggers. Static analyses for eliminating unnecessary synchronization from java programs. In *Static Analysis*, pages 19–38. Springer, 1999.

[BH99] Je Bogda and Urs Hölzle. Removing unnecessary synchronization in java. In *Proceedings of the 14th ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented Programming, Systems, Languages, and Applications, OOPSLA '99*, pages 35–46, New York, NY, USA, 1999. ACM.

[Bl99] Bruno Blanchet. Escape analysis for object-oriented languages: application to java. In *ACM SIGPLAN Notices*, volume 34, pages 20–34. ACM, 1999.

[CGS+99] Jong-Deok Choi, Manish Gupta, Mauricio Serrano, Vugranam C. Sreedhar, and Sam Midki. Escape analysis for java. In *Proceedings of the 14th ACM SIGPLAN Conference on Object-oriented Programming, Systems, Languages, and Applications, OOPSLA '99*, pages 1–19, New York, NY, USA, 1999. ACM.

[CGS+03] Jong-Deok Choi, Manish Gupta, Mauricio J Serrano, Vugranam C Sreedhar, and Samuel P Midki. Stack allocation and synchronization optimizations for java using escape analysis. *ACM Transactions*

on Programming Languages and Systems (TOPLAS), 25(6):876–910, 2003.

[jic] <https://github.com/seerhein-lab/jic/releases>.

[LHL12] Jonas Lundberg, Mathias Hedenborg, and Welf Löwe. Ssa-based simulated execution. In *Patterns, Programming and Everything*, pages 75–90. Springer, 2012.

[Lun14] Jonas Lundberg. Fast and Precise Points-to Analysis. PhD thesis, Linnaeus University, Växjö, Sweden, 2014.

[NAWo6] Mayur Naik, Alex Aiken, and John Whaley. Effective static race detection for java. In *Proc. of the ACM SIGPLAN 2006 Conference*, pages 308–319, Ottawa, Ontario, Canada, 2006.

[PGB+05] Tim Peierls, Brian Goetz, Joshua Bloch, Joseph Bowbeer, Doug Lea, and David Holmes. *Java Concurrency in Practice*. Addison-Wesley Professional, 2005.

[Rufoo] Erik Ruf. Effective synchronization removal for java. In *Proceedings of the ACM SIGPLAN 2000 Conference on Programming Language Design and Implementation, PLDI '00*, pages 208–218, New York, NY, USA, 2000. ACM.



**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Wissenschaftlicher Direktor  
des Konstanz Institut für  
Corporate Governance

(KICG). Inhaber der W3-Professur für Allgemeine  
BWL mit Schwerpunkt Managerial Economics  
an der Hochschule Konstanz – Technik,  
Wirtschaft und Gestaltung (HTWG). Leiter des  
Center for Business Compliance & Integrity  
(CBCI) und Direktor des Forum Compliance &  
Integrity (FCI). Beim DICO – Deutsches Institut  
für Compliance e.V. leitet Stephan Grüninger  
den Ausschuss „Integrity „Governance“. Promo-  
tion 2001 bei Prof. Dr. Reinhard Pfriem an der  
Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg zum  
Thema "Vertrauensmanagement - Kooperation,  
Moral und Governance". Von 2002 bis 2009  
Tätigkeit in der Unternehmensberatung und  
Wirtschaftsprüfung, insbesondere in den  
Bereichen Anti-Fraud & Compliance Manage-  
ment sowie Fraud Investigation, zuletzt als  
Partner der Ernst & Young AG.



**Dr. Christine Butscher**

Studium der Betriebswirt-  
schaftslehre mit Schwer-  
punkt Internationales

Management, Strategische Planung, Außen-  
wirtschaft und Controlling an der HTWG Kon-  
stanz. Von 2008-2014 wissenschaftliche Mit-  
arbeiterin am Konstanz Institut für Corporate  
Governance (KICG), dabei kooperative Promoti-  
on zum Thema "Anti-Fraud Management und  
Corporate Governance im Mittelstand" bei Prof.  
Dr. Reinhard Pfriem, Lehrstuhl für Allgemeine  
Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensfüh-  
rung und Betriebliche Umweltpolitik, an der  
Carl von Ossietzky-Universität Oldenburg.



**Maximilian Jantz**

Studium der Rechtswissen-  
schaft in Tübingen. Refe-  
rendariat am Landgericht

Ravensburg sowie in Südafrika. Rechtsanwalt  
seit 1998. Im Jahr 2004 Abschluss eines Zertifi-  
zierungsstudiums im Bereich Projektmanage-  
ment in Port Elizabeth/ Südafrika. Im Anschluss  
mehrjährige Tätigkeit als Syndikusanwalt und  
stellvertretender Einkaufsleiter in einem mittel-  
ständischen Industrieunternehmen. Weiterbil-  
dung zum Certified Compliance Professional  
(CCP) an der Frankfurt School of Finance &  
Management. Seit 2011 wissenschaftlicher  
Mitarbeiter im Forschungsprojekt „Leitlinien  
für das Management von Organisations- und  
Aufsichtspflichten“ des Konstanz Institut für  
Corporate Governance (KICG) unter der Leitung  
von Prof. Dr. Stephan Grüninger.

## ANFORDERUNGEN AN EIN EFFEKTIVES COMPLIANCE MANAGEMENT

*Stephan Grüninger, Christine Butscher, Maximilian Jantz*

Wie können Unternehmen durch ein funktionsfähiges Compliance-Management-System (CMS) die Erfüllung der wesentlichen Organisationspflichten bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen sicherstellen? Welche Strukturen sind notwendig, um ein angemessenes und wirksames Compliance Management sicherzustellen? Welche Voraussetzungen und Gegebenheiten im Unternehmen können eine eigenständige, groß angelegte Compliance-Organisation erfordern? Ist es notwendig, einen eigenen Compliance Officer/Chief Compliance Officer zu haben? Welche Compliance-Maßnahmen und -Strukturen können in kleineren und mittelständischen Unternehmen als funktional äquivalent zu einer eigenständigen Compliance-Abteilung angesehen werden?

Der Beantwortung dieser Fragen ist das Forschungsprojekt „Leitlinien für das Management von Organisations- und Aufsichtspflichten“ nachgegangen. Zielsetzung des Forschungsprojekts war es, die Anforderungen zur Erfüllung der wesentlichen Organisationspflichten (einschließlich Sorgfalts- und Aufsichtspflichten) bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen zu identifizieren, die Prinzipien der dazu erforderlichen Management-Maßnahmen zu untersuchen sowie daraus abgeleitete Leitlinien zur Beurteilung der Organisations- und Aufsichtspflichten mit Empfehlungen zur Umsetzung konkreter Maßnahmen im Rahmen eines angemessenen und funktionsfähigen CMS für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu erstellen.

### 1 COMPLIANCE-KOMPLEXITÄT VON UNTERNEHMEN

In der Praxis findet sich eine Vielzahl verschiedener sog. Compliance-Organisationen. Diese reichen von relativ „schlanken“ Strukturen (d.h. dass z.B. Aufgaben im Bereich des Compliance Managements durch Führungskräfte und Mitarbeiter

zusätzlich zu bestehenden Rollen und Verantwortlichkeiten übernommen werden) bis hin zu umfassend angelegten Compliance-Organisationen und -Strukturen in Großunternehmen und Konzernen, mit einem ganzen Stab an Mitarbeitern, die unternehmensweit in die Compliance-Organisation eingebunden sind. Diese teilweise sehr unterschiedlichen Herangehensweisen an Compliance und ihre Umsetzung im Unternehmen werfen unmittelbar die Fragen auf, welche Strukturen tatsächlich notwendig sind, um ein funktionierendes Compliance Management sicherzustellen (wie?) und ob es bestimmte Faktoren gibt, die Einfluss darauf nehmen, wie umfangreich eine Compliance-Organisation für ein bestimmtes Unternehmen auszugestaltet ist.

Zu den Faktoren, die die Ausgestaltung der Compliance-Organisation beeinflussen, zählen z.B. Rechtsform, Betriebsgröße, Umsatz, Internationalisierungsgrad oder die Branche. Durch eine tiefere Analyse im Rahmen des Forschungsprojekts konnte die Vielzahl auf die sog. Compliance-Komplexität einflussnehmender Faktoren auf drei maßgebliche Kriterien verdichtet werden: Betriebsgröße, regulatorischer Rahmen sowie das allgemeine Geschäftsrisiko (dazu gehören Faktoren wie die Branche, Internationalisierungsgrad, das jeweilige Geschäftsmodell u.a.)<sup>1</sup>. Die Betriebsgröße (gemessen an der Anzahl der Beschäftigten) beeinflusst maßgeblich, mit welchem Ressourcenaufwand die einzelnen Compliance-Maßnahmen auszugestaltet sind. Dem regulatorischen Rahmen lassen sich die wesentlichen anzuwendenden Vorschriften und Regularien, die sich aus Faktoren wie z.B. der Rechtsform, der Kapitalmarktorientierung oder der Branchenzugehörigkeit ergeben, zuordnen, während das Kriterium des „allgemeinen Geschäftsrisikos“ von Faktoren wie z.B. Länderrisiken, Branche, Internationalisierungsgrad bestimmt wird und damit ebenfalls Einfluss darauf nimmt, welche Compliance-Maßnahmen

für ein bestmögliches Management der unternehmensspezifischen Compliance-Risiken zu implementieren sind.

Basierend auf den drei Kernkriterien für die Compliance-Komplexität wurde das Modell des Risk-Governance-Cluster-Cube (RGC-Cube)<sup>2</sup> entwickelt, in dem jede der drei Kriterien eine der Würfeldimensionen bildet (vgl. Abbildung 1). Der große Vorzug des RGC-Cube ist es, dass sich die Vielzahl deutscher Unternehmen mit ihren jeweils unternehmensspezifischen, organisatorischen Ausprägungen und Merkmalen durch das Modell erfassen und abbilden lässt.

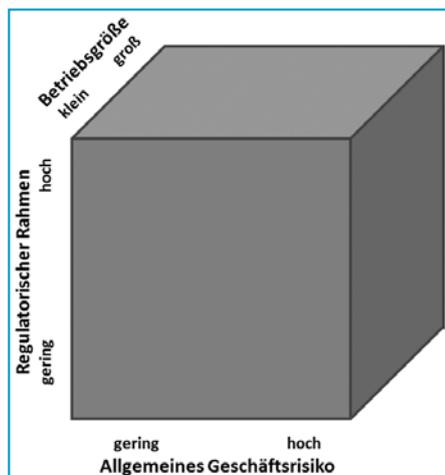


ABB 1: Risk-Governance-Cluster-Cube.

In der weiteren Untersuchung konnte durch die Auswertung verschiedener Statistiken und Datenerhebungen zu deutschen Wirtschaftsunternehmen eine ausstrahlende Wirkung der Betriebsgröße auf die beiden weiteren Dimensionen „allgemeines Geschäftsrisiko“ und „regulatorischer Rahmen“ sowie ein Zusammenhang zwischen dem „allgemeinen Geschäftsrisiko“ und dem „regulatorischen Rahmen“ festgestellt werden (vgl. Tabelle 1)<sup>3</sup>.

Die dem RGC-Cube zugrundeliegende Hypothese lautet daher: Je größer ein Unternehmen ist, je stärker das Umfeld eines Unternehmens reguliert wird und je höher das allgemeine Geschäftsrisiko eines Unternehmens einzuschätzen ist, desto organisational aufwändiger und umfassender (inkl. formaler Strukturen) wird das CMS dieses Unternehmens auszugestaltet sein.

Für die einzelnen Unternehmen besteht die große Herausforderung und Schwierigkeit darin, das für die Entwicklung und Ausgestaltung des CMS erforderliche Maß – wie eine funktionierende Compliance im eigenen Unternehmen umgesetzt werden kann – zu bestimmen<sup>4</sup>.

## 2 LEITLINIEN FÜR DIE AUSGESTALTUNG UND BEURTEILUNG VON COMPLIANCE-MANAGEMENT-SYSTEMEN VERSCHIEDENER UNTERNEHMENSTYPEN

Aus den Anforderungen relevanter Gesetze sowie verschiedener anerkannter einschlägiger Standards im Bereich Compliance und Integrity Management (z.B. Prüfungsstandard PS 980 des Instituts der Wirtschaftsprüfer (IDW PS 980); Red Book der Open Compliance and Ethics Group (OCEG); US Sentencing Guidelines; Guidance des britischen Justizministeriums zum UK Bribery Act; ComplianceProgramMonitor des Zentrum für Wirtschaftsethik) konnten durch eine vergleichende Auswertung verschiedene zentrale Aspekte eines funktionsfähigen CMS identifiziert und zu den folgenden Elementen verdichtet werden, die ein CMS umfassen muss, damit es die ihm zugewiesenen Funktionen der Prävention, Aufdeckung und Reaktion erfüllen kann:

- Risikoidentifikation und -bewertung
- Compliance-Organisation und Governance-System
- Verhaltensgrundsätze und -richtlinien

Maßgebliches Kriterium	Entwicklung des unabhängigen Kriteriums	Abhängiges Kriterium	Tendenz des abhängigen Kriteriums
Betriebsgröße (Anzahl der Beschäftigten)	↑	Allgemeines Geschäftsrisiko	↑
Allgemeines Geschäftsrisiko	↑	Regulatorischer Rahmen	↑
Betriebsgröße (Anzahl der Beschäftigten)	↑	Regulatorischer Rahmen	↑

TAB 1: Korrelation der drei Würfeldimensionen des RGC-Cube.

- Geschäftspartnerprüfung
- Compliance-Kommunikation und Schulung
- Integration in HR-Prozesse
- Überwachungs- und Kontrollmaßnahmen
- Führung und Unternehmenskultur

Im Ergebnis sind aus dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekt „Leitlinien für das Management von Organisations- und Aufsichtspflichten“ insgesamt vier Leitlinien hervorgegangen, die zu jedem dieser Elemente sowohl die Zielsetzungen beschreiben, die jeweils mit dem einzelnen CMS-Element verfolgt werden, als auch spezifische Handlungsempfehlungen enthalten, mit welchen Compliance-Maßnahmen sich diese Ziele erreichen lassen. Begleitet werden die vier Leitlinien von einer übergeordneten Guidance und einem Annex (eine kurze Übersicht zu den Projektergebnissen findet sich in Abbildung 2).

**Guidance:**

In der übergeordneten KICG CMS-Guidance 2014 finden Unternehmensleiter und -lenker ebenso wie Mitglieder unternehmerischer Aufsichtsgremien, Abschlussprüfer und Prüfer sowie Staatsanwälte und Richter, die in verschiedensten Situationen die Effektivität von CMS prüfen oder beurteilen müssen, die wichtigsten Informationen zur Zielsetzung und den Funktionen von Compliance-Management-Systemen sowie ausführliche Begründungen und weiterführende Erklärungen zu den identifizierten 8 Elementen eines CMS. Darüber hinaus beinhaltet die KICG CMS-Guidance konkrete Empfehlungen für die Ausgestaltung geeigneter Maßnahmen zur Umsetzung funktionsfähiger CMS in Unternehmen unterschiedlichster Art, Größe und Komplexität.

**Leitlinien 1–4**

Die KICG CMS-Leitlinien 1 bis 4 2014 sind speziell auf die besonderen Anforderungen und Gegebenheiten in Un-

ternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexität (Größe, Internationalität, Branche etc.) ausgerichtet. Hier werden typenspezifische Empfehlungen gegeben,



ABB 2: Übersicht zu den Projektergebnissen.

wie die Umsetzung von Maßnahmen und Instrumenten im Rahmen eines CMS in Unternehmen der jeweiligen Compliance-Komplexität gelingen kann, die geeignet sind, die wesentlichen Organisationspflichten bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen zu erfüllen.

### Annex

Abgerundet werden die Empfehlungen durch den KICG CMS-Annex 2014, der spezifische Anforderungen und Risikotreiber beinhaltet, die bei der Ausgestaltung und Umsetzung von CMS von allen Unternehmen unabhängig von ihrer Größe (z.B. aufgrund ihrer Internationalität oder der Besonderheit ihres Geschäfts) zu beachten sind.

Die Forschungsergebnisse stehen der interessierten Öffentlichkeit auf der Website des Konstanz Institut für Corporate Governance – KICG unter [www.kicg.htwg-konstanz.de](http://www.kicg.htwg-konstanz.de) zum kostenlosen Download bereit.

### 3 FAZIT

Mit den Ergebnissen leistet das Forschungsprojekt einen wesentlichen Beitrag, den Entscheidungsträgern in Unternehmen jeglicher Unternehmensgröße Orientierung und Hilfestellung zu geben, welche Führungs- und Steuerungsinstrumente, Maßnahmen und Prozesse geeignet und notwendig sind, um ein der Unternehmens- und Compliance-Komplexität angemessenes und funktionsfähiges CMS zu installieren und umzusetzen, mit dem Ziel, Fehlverhalten der Beschäftigten eines Unternehmens bestmöglich zu vermeiden. Die Projektergebnisse haben in der interessierten Öffentlichkeit großen Anklang gefunden. Seit Veröffentlichung der Projektergebnisse erfolgten allein in der Zeit von Juni bis Juli 2014 mehr als 600 Downloads von der Institutswebsite des KICG und ein Ende der Nachfrage ist nicht in Sicht.

---

### FUSSNOTEN

[1]: Vgl. hierzu detailliert das im Rahmen des Forschungsprojekts verfasste KICG-Forschungspapier Nr. 3: Schweikert, C./Jantz, M. (2012): Corporate Governance in Abhängigkeit von Unternehmensstruktur und Unternehmensgröße – eine betriebswirtschaftlich-juristische Analyse (Studie 1 im Forschungsprojekt „Leitlinien für das Management von Organisations- und Aufsichtspflichten“), abrufbar unter [www.kicg.htwg-konstanz.de](http://www.kicg.htwg-konstanz.de).

[2]: Vgl. hierzu das im Rahmen des Projekts verfasste KICG-Forschungspapier Nr. 5, Grüninger, S., Jantz, M., Schweikert, C. (2013): Risk-Governance-Cluster-Cube, abrufbar unter [www.kicg.htwg-konstanz.de](http://www.kicg.htwg-konstanz.de).

[3]: Vgl. hierzu detailliert das im Rahmen des Projekts verfasste KICG-Forschungspapier Nr. 5, Grüninger, S./Jantz, M./Schweikert, C. (2013): Risk-Governance-Cluster-Cube

[4]: Die dargestellten Zusammenhänge stellen eine allgemeine Tendenz der wechselseitigen Abhängigkeit der drei Dimensionen Betriebsgröße, regulatorischer Rahmen und allgemeines Geschäftsrisiko dar, Ausnahmen sind möglich. Darüber hinaus gibt es spezifische Rechtsanforderungen und Risikotreiber, die sich für die Unternehmen unabhängig von der Größe, regulatorischem Rahmen und Geschäftsrisiko ergeben können und denen die Unternehmen bei der Ausgestaltung ihres CMS und der Erfüllung ihrer Sorgfalts- und Aufsichtspflichten eine besondere Aufmerksamkeit zukommen lassen sollten. Eine Übersicht über die wesentlichen dieser Risikotreiber und spezifische Anforderungen an CMS findet sich im KICG CMS-Annex 2014 – Spezifische Anforderungen und Risikotreiber für die Ausgestaltung von Compliance-Management-Systemen zu den Leitlinien 1–4 (abrufbar unter [www.kicg.htwg-konstanz.de](http://www.kicg.htwg-konstanz.de)).

# NOTENINFLATION

Leo Schubert



**Prof. Dr. Leo Schubert**  
BWL-Studienschwerpunkte  
an der Universität Augsburg:

*Marketing und Unternehmensforschung,  
1985: Promotion über Methoden der  
Datenanalyse*

*bis 1991: CEO-Stabsstelle einer Großbank*

*seit 1991: Professor für Marketing an der HTWG  
Konstanz*

*Forschungsaufenthalte und Kurzzeitdozenturen  
in Mittelamerika.*

*Forschungsschwerpunkte: Marktforschung  
(insb. Kapitalmarkt- und Zufriedenheits-  
forschung)*

## 1 EINLEITUNG

Vor über zwei Jahren hat der Wissenschaftsrat<sup>1</sup> auf der ersten Seite der Süddeutschen Zeitung Bedenken bzgl. der Benotung von akademischen Abschlüssen geäußert. Diese haben sich in den letzten 10 Jahren stetig verbessert, sodass in diesem Zeitraum der Anteil der Absolventen, die ihr Studium mit „gut“ oder „sehr gut“ beendeten von 70% auf 80% anstieg. „Der Trend zu besseren Noten darf nicht so weitergehen“ fordert der Vorsitzende des Wissenschaftsrates. Der studentische Ansatz zur Lösung des Problems zu guter Noten wäre trivial. Doch dieser Appell richtet sich nicht an die Studierenden, sondern ist als Rüge an die Prüfenden an den Hochschulen gedacht, die durch „Aufweichung der Bewertungsstandards“ eine „schleichende Noteninflation“ bewirken.

Nicht nur die Ausbildung gehört zu den Aufgaben einer Hochschule, sondern auch die verlässliche Bewertung des Wissens und der Fähigkeiten der Studierenden, um Unternehmen bzw. anderen Hochschulen eine Orientierung zu bieten bei der Auswahl von Personal bzw. Studenten für das Masterstudium. Deshalb ist eine konkretere Betrachtung des Problems angebracht. In diesem Beitrag stehen die Prüfungsergebnisse von zwei Studiengängen im Mittelpunkt. Auch wenn dabei nicht erwartet werden kann, dass der Effekt von den verschiedenen potentiellen Einflussfaktoren durch die Analyse dieser Daten ermittelt wird, ist das explorative Projekt ein erster Schritt, sich mit dem Problem auseinanderzusetzen und ein wenig Transparenz zu bieten.

## 2 URSACHEN

Die Darstellung der Ursachen der sog. „Noteninflation“ beschränkt sich in den Medien vorwiegend auf Vermutungen und z.T. Schuldzuweisungen. Auch drückt die sog. „Aufweichung der Bewertungsstandards“ aus, dass für die gleiche Leistung<sup>2</sup>

heute bessere Noten vergeben werden, ohne die Möglichkeit in Erwägung zu ziehen, dass Studierende heute leistungsbe-reiter sind und entsprechend bessere Leistungen vorweisen können. Deshalb sind die im Folgenden aufgeführten Ursachen als potentielle Ursachen zu verstehen:

a) Die Umstellung vom Diplom zu Bachelor und Masterabschlüsse könnte zu einer Verbesserung der Studienabschlüsse führen, da mit dieser Umstellung vermehrt Prüfungsformen wie Referate, Projektarbeit, Studienarbeit etc. in die Studiengänge implementiert wurden, die meist mit einer besseren Bewertung einhergehen, als z.B. die klassische Prüfungsform der Klausur.

Werden bei diesem Vergleich die Noten aus dem Diplomstudium mit denen aus dem Bachelor- und Masterstudium verglichen, ergibt sich durch das zweifache Erfassen der besseren Studenten sowohl mit ihrem Bachelor als auch deren Masterabschluss rein rechnerisch ein Notenverbessernder Effekt, da die Studenten mit schlechteren Noten meist kein Masterstudium durchführen.

b) Eine weitere Auswirkung der Umstellung auf die Bachelor- und Masterstudien wird in den erhöhten Anforderungen und einer verkürzten Studienzeit gesehen, da diese die Abbrecherquote erhöht und dadurch nur noch die Besseren das Studium abschließen<sup>3</sup>.

c) Studierende haben heute an vielen Hochschulen die Möglichkeit, ihre Dozenten im Rahmen eines KV-Prozesses zu bewerten. Falls diese Bewertung zur Anregung für Dozenten dient, ihre Lehrveranstaltungen zu verbessern, ist ein positiver Effekt durch verbesserte Lehrveranstaltungen auf Noten zu erwarten. Schielen dagegen Dekane, Studienkommission Berufungskommission oder gar die Hochschulleitung auf diese Bewertungen um die Lehrveranstaltungen an die Wünsche der Studierenden anzupassen oder gar in den

W-Besoldungsgruppen die Leistungszulage daran zu orientieren, so muss bedacht werden, dass die Studierenden nicht nur an guten Lehrveranstaltungen interessiert sind, sondern auch an einer entsprechend guten Note<sup>4</sup>. Kontinuierlich verbesserte Noten führen zu zufriedeneren Kunden d.h. Studierenden. Aussagen von Studenten wie „Wer uns sehr streng bewertet, da sehen wir auch genauer hin“ deuten an, dass dieses Instrument wohl nicht valide ist und dass schielende Hochschulorgane die Souveränität, eine angemessene Note für die Leistung eines Studierenden festzulegen, untergraben.

d) Ein weiteres Argument, das als Ursache genannt wird, ist die personelle Überlastung an den Hochschulen. Diese führe zu „sehr oberflächlichen und pauschalen Korrekturen der Abschlussarbeiten“ stellte der Vorsitzende des Philologenverbandes Heinz-Peter Meidinger im Jahr 2007 fest<sup>5</sup>. Es handelt sich dabei um kein singuläres Problem der Hochschulen, sondern betrifft unterschiedliche einst souverän entscheidende Instanzen unserer Gesellschaft, deren Souveränität im Rahmen des „new public managements“ ausgehöhlt wurde<sup>7</sup>.

e) Als weitere Ursache wird die „Bequemlichkeit“ der prüfenden Dozenten vermutet. „Bei einer Eins vor dem Komma hat sich bislang noch kein Student beschwert“ ist als Kommentar einer Studentin in der FAZ zu lesen<sup>8</sup>. Als Versuch diese „Bequemlichkeit“ zu belegen, wird eine besonders gut bewertete Hausarbeit (Note: 1,0) erwähnt, in der keine Seite geknickt und kein Kommentar im Fließtext stand<sup>9</sup>. Bessere Noten bedeuten weniger Diskussion oder Erläuterungen in der Sprechstunde und mehr Zeit für die eigene Forschung, die mehr zur universitären Karriere von Professoren beiträgt als die Lehre.

f) Eine Ursache der Notenentwicklung, zu der die Studierenden beitragen ist das angestiegene Interesse an einem

akademischen Beruf das mehr Leistungsbereitschaft bewirkt. Einerseits stellt dabei die Reputation eines akademischen Berufes ein Motiv andererseits scheint der Arbeitsmarkt dieses Interesse stark beeinflusst zu haben. Ein akademischer Beruf entspricht laut einer Studie des HIS-Institutes für Hochschulforschung quasi einer Jobgarantie, da nur 1 % der Absolventen nach 10 Jahren noch arbeitslos ist. Zudem erzielen 80 % der Akademiker Einkommen, die über dem Durchschnitt der Beschäftigten lag<sup>10</sup>. Mittlerweile ist das Verhältnis von Auszubildenden zu Studienanfängern zu Gunsten der Studienanfänger gekippt, und der Deutsche Industrie und Handelstag fordert die Akademisierung um jeden Preis zu stoppen<sup>11</sup>.

g) Die Unterstützung durch die digitalen Medien bei der Erstellung von Referaten und Studienarbeiten ermöglichen, bessere Präsentationen in kürzerer Zeit zu erstellen. Aber auch bei der Vorbereitung auf eine Klausur bieten diese Medien schnelle Informationsmöglichkeiten, um Wissenslücken zu schließen.

h) Die Diskussion um die Ursachen der Noteninflation klammert den in den letzten Jahren gestiegenen Anteil an weiblichen Studentinnen und Dozentinnen aus. Da die Art, wie ein Dozent eine Leistung bewertet, dem Datenschutz unterliegt, musste der Einfluss, den das Geschlecht auf die Bewertung ausübt, ausgeklammert werden. Lediglich hinsichtlich des Geschlechts der Studierenden konnte bei den Prüfungen differenziert werden.

i) Auch die zeitweise regional eingeführten und wieder abgeschafften Studiengebühren können bessere Noten bewirken. In den USA und GB, deren Hochschulen wesentlich höhere Studiengebühren von ihren Studierenden verlangen, ist dieses Problem der Bestnotenvermehrung seit Jahren bekannt<sup>12</sup>. Wer viel bezahlt, erwartet auch einen ordentlichen Abschluss. In Deutschland scheint weniger die Er-

wartungshaltung aufgrund der Höhe der Studiengebühr ursächlich. Die durch die Studiengebühren bzw. Qualität sichern den Mittel finanzierten Maßnahmen zur Verbesserung der Studiensituation sollten jedoch Spuren hinterlassen haben.

Neben den genannten allgemeinen potentiellen Ursachen sind die lokalen mindestens ebenso wirksam und erschweren eine klare Begründung der beobachteten Noteninflation einer Fakultät. Zu diesen möglichen lokalen Ursachen zählt eine hohe Bewerberzahl als Ausdruck guter Vermarktung der Leistung einer Hochschule und ihrer Standortbedingungen. Diese Bewerberzahl müsste sich insbesondere bei einem effektiven Auswahlprozess auf das Notenniveau auswirken. Zudem kann ein anspruchsvolles Studium entsprechend profilierte Studierende ansprechen, die erwartungsgemäß bessere Leistungen vorweisen.

### 3 KONSEQUENZEN

Auf die sog. Noteninflation sind bereits Reaktionen beobachtbar:

a) Hochschulen, die Masterstudenten auswählen, müssen Auswahlverfahren installieren, die garantieren, dass die Qualität der Kandidaten einem Masterstudium entspricht. Diese Auswahlmühen können auch verlagert werden, indem bis zu drei Professorengutachten zum davor gelegenen Studium von Studierenden eingefordert werden. Obgleich dies mehr als Hürde denn als Qualitätsgarantie gesehen werden kann, da ja dieselben Professoren, die um die Gutachten gebeten werden, bereits die vermuteten zu guten Bewertungen abgaben.

b) Unternehmen, die Studierende einstellen wollen, werden ebenfalls Auswahlverfahren modifizieren, um sich ein eigenes Bild des Bewerbers zu machen. Dies kann durch einen um Wissensfragen erweiterten Assessment-Prozess gesche-

hen, oder durch die Beschränkung auf Bewerber, die bereits durch Praktika oder Abschlussarbeiten im entsprechenden Unternehmen ihr Können unter Beweis stellen konnten. Manche Personalverantwortliche sprechen bereits von einer relativen Bedeutungslosigkeit der Noten, die nur noch als grobes Filterkriterium dienen.

Das Outsourcing des Auswahlprozesses an spezielle Beratungsunternehmen ginge mit einer Standardisierung der Lehrinhalte einher. Dass dies lukrativ sein kann, zeigt der sog. TOEFL-Test, der die Englischbewertung des Abiturs völlig in den Schatten gestellt hat. Für die unterschiedlichen akademischen Fachrichtungen wäre eine Standardisierung des Basiswissens durch eine externe Organisation aufwendiger und würde den akademischen Lehrbetrieb quasi indirekt einen Lehrplan verpassen.

c) Für gute Studenten bedeutet eine Schwemme guter und sehr guter Abschlüsse, dass andere Felder der Profilierung gefunden werden müssen, um noch herausragend zu sein. Manche hoffen deshalb, z.B. durch Preise für akademische und nicht akademische Leistungen oder durch Sprachenvielfalt mehr Aufmerksamkeit auf dem Arbeitsmarkt zu bewirken. Der Masterabschluss hätte eine derartige Differenzierung sein können. Doch statt (wie geplant) 30 % der Bachelorstudierenden in ein Masterstudium aufzunehmen studieren heute etwa 80 % in Masterstudiengängen<sup>3</sup>. Entsprechend stark hat das Bestreben zu Promovieren zugenommen.

#### 4 DATENBASIS DER AUSWERTUNG

Die Datenbasis für die folgenden Auswertungen sind die Prüfungsdaten der Studiengänge Betriebswirtschaft und Wirtschaftssprachen des Fachbereiches Wirtschafts- und Sozialwissenschaften der letzten 24 Jahre, die von der Hochschulverwaltung dafür zur Verfügung gestellt wurden und insgesamt 81994 Prüfungsfälle im

Zeitraum vom WS 1991 bis zum WS 2013 ergaben (vgl. Tabelle 1). Diese Prüfungen beziehen sich ausschließlich auf mit Noten bewertete Leistungen. In diesen Fällen sind 1961 Abschlussarbeiten enthalten. Die generierte Leistung „Gesamtnote“, die bei Abschluss des Studiums für 1959 Studierende ausgestellt wurde (vgl. Tabelle 2), ist nicht in diesen Fällen enthalten.

Die Prüfungen werden nach Prüfungsformen differenziert betrachtet. Diese sind in folgende Kategorien eingeteilt: Klausur, mündliche Prüfung, Referat, sonstige schriftliche oder praktische Arbeiten und Haus- oder Studienarbeiten. Die oben erwähnten Abschlussarbeiten zählen zur letzten Kategorie. Die Zuordnung zu diesen Kategorien wurde in der Datenbasis in ca. 3% der Fälle nicht vorgenommen, so dass für Auswertung hinsichtlich der Prüfungsform lediglich 79515 Prüfungsfälle zur Verfügung standen<sup>4</sup>.

#### 5. GLEITENDE DURCHSCHNITTE ZUR GESAMTNOTE

Um die Veränderung der Abschlussnoten zu vergleichen, wurden die Jahre 2003

und 2013 ausgewählt. Zu diesen Jahren zählt das Sommersemester des Jahres und das folgende Wintersemester. Die Gesamtnote des Studienabschlusses der beiden wirtschaftswissenschaftlichen Studiengänge zeigt eine Verbesserung von 0,16 vom Jahr 2003 bis 2013. Diese Verbesserung ist die Differenz aus den beiden Mittelwerten der Tabelle 3. Grundlage waren dabei die Gesamtnoten der 112 Diplomabschlüsse im Jahr 2003 und der 135 Bachelorabschlüsse im Jahr 2013. Eine lineare Regression über den gesamten Zeitraum (1995-2013), in dem Abschlüsse vorlagen, ergab einen Steigerungsfaktor von 0,015 p.a.. Dies würde für einen Zeitraum von 10 Jahren eine Verbesserung der Noten um 0,15 bedeuteten.

Das 90% Perzentil gibt die Notenschwelle an, die 90% der Absolventen im entsprechenden Jahr mindestens erreichten. Dementsprechend zeigt die Note 2,3 des 90% Perzentils, dass mindestens 90% der Studierenden einen guten bzw. sehr guten Bachelorabschluss im Jahr 2013 erhielten.

		Abschluss			Summe
		Diplom	Bachelor	Master	
		Anzahl	Anzahl	Anzahl	
Betriebswirtschaft	Prüfungen (davon Abschlussarbeiten)	32532 (1033)	20078 (247)	1529 (50)	<b>54139</b> <b>(1330)</b>
Wirtschaftssprachen	Prüfungen (davon Abschlussarbeiten)	10508 (294)	16368 (300)	979 (37)	<b>27855</b> <b>(631)</b>
Summe (davon Abschlussarbeiten)		<b>43040</b> <b>(1327)</b>	<b>36446</b> <b>(547)</b>	<b>2508</b> <b>(87)</b>	<b>81994</b> <b>(1961)</b>

TAB. 1: Anzahl aller originärer Prüfungen und Abschlussarbeiten (von WS91/92 bis inkl. WS13/14)

		Abschluss			Summe
		Diplom	Bachelor	Master	
		Anzahl	Anzahl	Anzahl	
Betriebswirtschaft		1031	247	50	<b>1328</b>
Wirtschaftssprachen		294	300	37	<b>631</b>
		<b>1325</b>	<b>547</b>	<b>87</b>	<b>1959</b>

TAB. 2: Anzahl aller abgeschlossenen Studien (von WS95/96 bis inkl. WS13/14)

Jahr		2003 (Dipl.)	2013 (Bac.)
Anzahl	Gültig	112	135
Mittelwert		2,0241	1,8593
Standardabweichung		0,43	0,37
Perzentile	10	1,40	1,30
	20	1,66	1,50
	30	1,80	1,70
	70	2,30	2,10
	80	2,40	2,20
	90	2,60	2,30

TAB. 3: Perzentile und durchschnittliche Gesamtnote im Jahr 2003 und 2013

Um die Veränderung der Noten im Zeitverlauf darzustellen, wurden gleitende Durchschnitte bestimmt. Dabei werden beim Diplom und Bachelor jeweils arithmetische Mittelwerte zu 100 Werten und beim Master je 30 Werte einbezogen. Jeder Mittelwert sollte mindestens 2 Semesterstärken umfassen, um die Schwankungen zwischen WS und SS auszugleichen. Der erste Mittelwert bezieht sich auf die ersten 100 bzw. 30 Abschlüsse. Der zweite Mittelwert berechnet sich aus den 2. – 101. bzw. 2. – 31. Gesamtnoten etc.. In diesem Sinne gleitet der Mittelwert über die Zeitreihe. Die einzelnen Mittelwerte wurden durch eine Linie verbunden. Für die beiden Studiengänge ergab sich der in Abbildung 1 dargestellte Verlauf. Die Grafiken zu den Abschlussarten Diplom, Bachelor und Master überlagern sich, da in den beiden Studiengängen zu unterschiedlichen Zeitpunkten die Umstellung auf Bachelor bzw. Master vorgenommen wurde. Da sich die Prüfungen nicht linear am Datum orientierten, sondern an einer Reihenfolge der Prüfungen, ist die Zeitachse ebenfalls nicht linear und lediglich mit dem ersten und letzten Abschlusssemester angedeutet.

Die gleitenden Durchschnitte zeigen über den Zeitverlauf, dass bereits während des Diplomstudiums die Notendurchschnitte zu fallen begannen und nicht erst mit dem Beginn der Bachelorabschlüsse, wie eine der potentiellen Ursachen an-

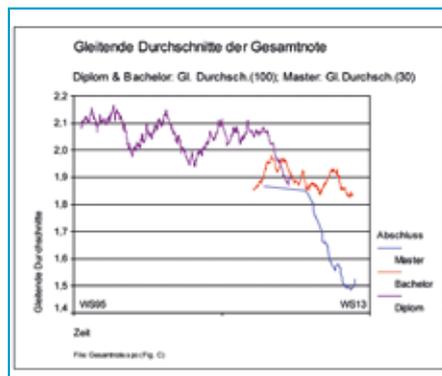


ABB. 1: Gleitende Durchschnitte zu den Noten der einzelnen Abschlussarten.

nahm. Das Masterstudium wird, wie erwartet besser als die andern beiden Abschlussarten abgeschlossen. Da hier nur eine geringe Anzahl an Abschlüssen vorliegt, kann zu den Masterabschlüssen noch keine Tendenzangabe abgeleitet werden. Die ersten Masterabschlüsse waren auf Niveau der Bachelorabschlüsse. Die besseren Abschlüsse in den letzten Mastersemestern haben den gleitenden Mittelwert deutlich verlagert. Im Bachelor ist eine leichte Abwärtstendenz hin zu besseren Noten erkennbar.

## 6. DAS NOTENFELD

Um die Durchschnittsnote und deren Streuung bei einzelnen Prüfungsformen zu betrachten, wurde das Feld möglicher Kombinationen aus Durchschnittsnote und Streuung ermittelt. Diese Streuung ist durch die Beschränkung der Notenskala auf die Noten 1,0 bis 5,0 ebenfalls beschränkt. Wie Abbildung 2 zeigt, hängt die Form des rechten Rands des Feldes von der Anzahl der Teilnehmer einer Prüfung ab. Bei zwei Prüfungskandidaten nimmt das Feld die Form eines Dreiecks an. Bereits bei 15 Teilnehmern nähert sich der „blasenförmige“ Rand des Notenfeldes stark dem Grenzverlauf (mit der Anzahl 1000 angedeutet) an. Die Funktion zur Standardabweichung

$$s(\bar{x}) = \sqrt{-\bar{x}^2 + 6 \cdot \bar{x} - 5}, \text{ mit } 1,0 \leq \bar{x} \leq 5,0$$

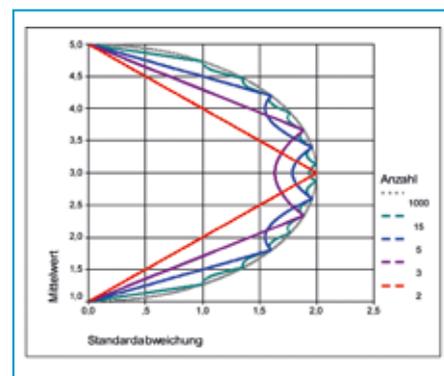


ABB. 2: Maximale Standardabweichungen bei Teilnehmerzahlen von n = 2, 3, 5, 15 und 1000.

zeigt den Grenzverlauf in Abhängigkeit von dem jeweiligen Notenmittelwert  $\bar{x}$  einer Prüfung<sup>15</sup>. Der Grenzverlauf entspricht beim Streumaß Varianz, also  $s^2$ , einer quadratischen Funktion. Um auch die Perzentile im Notenfeld zu kennzeichnen, wurden die sog. TSP-Linien zu 70%, 80% und 90% integriert. TSP steht dabei für Target-Shortfall-Probability<sup>16</sup>. Um mindestens eine gute oder sehr gute Abschlussnote zu erzielen, muss ein Student eine „Target-Note“ von mindestens 2,5 erzielen. Für eine Prüfung zeigt die TSP-Linie, wo der Mittelwert und die Standardabweichung der Noten liegen müssen, damit 70%, 80% bzw. 90% das Ziel, mindestens 2,5 zu erzielen, erreicht haben (vgl. Abbildung 3). Hier muss darauf hingewiesen werden, dass durch die Beschränkung der Noten auf das Intervall von 1,0 bis 5,0 die dabei getroffene Annahme

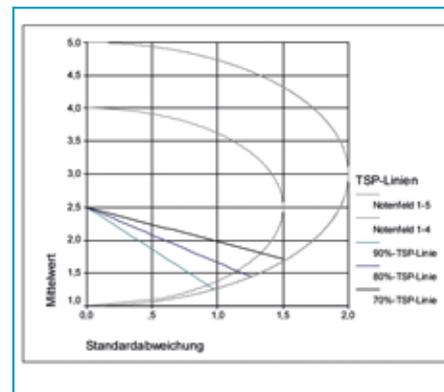


ABB. 3: Target-Shortfall-Probability Linien im Notenfeld.

normal verteilter Noten oft nicht erfüllt ist, mit der Konsequenz, dass dann die TSP-Linien, die den resultierenden Verteilungen entsprechen würden, flacher verlaufen. Die %- bzw. Wahrscheinlichkeitsangaben der abgebildeten TSP-Linien sind in diesen Fällen höher anzusetzen<sup>17</sup>.

Bezieht man lediglich Notendurchschnitte von bestandenen Prüfungen (Note  $\geq 4,0$ ) ein, wie bei dieser Untersuchung, so reduziert sich das Notenfeld durch die beim Mittelwert von 4,0 startende Kurve (vgl. Abbildungen 3, 5a – 6b).

## 7. DIE PRÜFUNGSFORMEN IM NOTENFELD

Die differenzierte Betrachtung der durchschnittlichen Bewertungen nach einzelnen Prüfungsformen in Abbildung 4a zeigt, dass die Klausur bei der Abschlussart

Diplom deutlich über der 70%-TSP-Linie liegt und die Prüfungsformen des Referats, der mündlichen Prüfung und der Hausarbeit- und Studienarbeit diese bereits unterschritten hatten. Im Vergleich mit der Abschlussart Bachelor stellt die Klausur einen Fixpunkt dar, während sich die anderen Prüfungsformen in den Bereich zwischen der 80%- und 90%-TSP-Linie bewegt bzw. überschritten haben, wie im Falle der sonstigen schriftlichen und praktischen Arbeiten (vgl. Abbildung 4b). Wie Abbildung 4c verdeutlicht, hat auch die Klausurbewertung beim Masterstudium die 80%-TSP-Linie passiert, jedoch auch hier deutlich abgesetzt von den Referaten, mündlichen Prüfungen und sonstigen schriftlichen und praktischen Arbeiten, die die 90%-TSP-Linie hinter sich gelassen haben.

Die einzelnen Diplom-Klausurfächer in Abbildung 5a zeigen eine Punktwolke, die entsprechend der Abbildung 4a um die mittlere Note 2,4 streut. Einige der mittleren Fächernoten fallen deutlich unter die 80%-TSP-Linie, und einige werden mit Noten schlechter als 3,0 im Mittel bewertet. Betrachtet man eine horizontale Linie durch die Punktwolke, so zeichnen sich die Klausuren am linken Rand durch in etwa gleiche Bewertungen aus; d.h. die Noten streuen wenig um die mittlere Fachnote. Dies kann bei schlechten Noten auf ein permanent zu hohes Anspruchsniveau hinweisen und bei sehr guten Noten auf ein geringes. Bei Klausuren kann das Ar-

gument „Bequemlichkeit“ des Dozenten kaum unterstellt werden, da i.d.R. eine vorab festgelegte Bepunktung angewendet wird, die kaum Verhandlungsspielräume bietet. Die mittleren Fächernoten am rechten Rand der Punktwolke sind Fächer mit überdurchschnittlich stark streuenden Noten. Dies kann z.B. bei mathematischen Fächern der Fall sein, bei denen gelegentlich fast Zweipunktverteilungen beobachtet werden können. Liegt im Extrem ein Fachmittel nahe am rechten Rand des Notenfeldes, so wurden primär Noten nahe 1,0 oder 4,0 bzw. 5,0 vergeben. Bei der Punktwolke der Abbildung 5a zu den Diplom-Klausurfächern der beiden Studiengänge scheint kein Fach extreme Streuungen aufzuweisen; diese könnten jedoch bei der mittleren Fachnote einzelner Semester auftreten. Ob die wenigen sehr guten durchschnittlichen Benotungen mit dem Ziel entstanden, auch durch die Studenten im Rahmen des KVPs entsprechend bewertet zu werden, ist Spekulation. Es könnte sich ebenso um eine sehr gute Lehrveranstaltung handeln, bei der die Studierenden motiviert mehr Zeit investierten als für andere Fächer. Die schlechten Durchschnittsnoten können mit einem ähnlichen Deutungspaar kommentiert werden: z.B.: schlechte Lehrveranstaltung oder großes Selbstbewusstsein, das das eigene Fach als das wichtigste sieht, das mehr Aufmerksamkeit erfordert. Wird das Notenfeld eines einzelnen Semesters betrachtet, ergeben sich weitere Argumente zu Extrempositionen, da sich z.B. viele sehr gute Studenten – oder eben nicht – in einem Semester befinden können.

Im Vergleich zum Diplom besitzen die mittleren Fächernoten der Prüfungsform Klausur des Bachelors, wie Abbildung 6a illustriert, ähnliche Positionen. Einige Fächer haben die 90%-TSP-Linie überschritten, und ein Fach zeigt eine relativ gute Durchschnittsbewertung mit starker Reduktion der Streuung. Hier muss angemerkt werden, dass im Bachelor neben den Pflichtfächern sog. Wahlfächer eingeführt wurden,

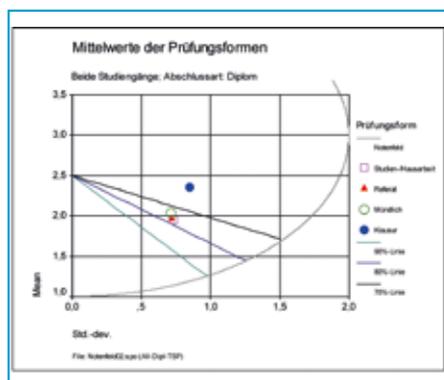


ABB. 4a: Mittelwerte der Noten nach Prüfungsform beim Diplom beider Studiengänge.

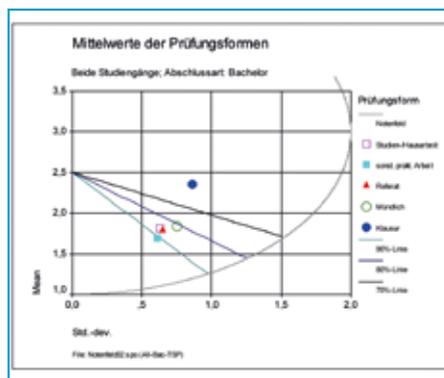


ABB. 4b: Mittelwerte der Noten nach Prüfungsform beim Bachelor.

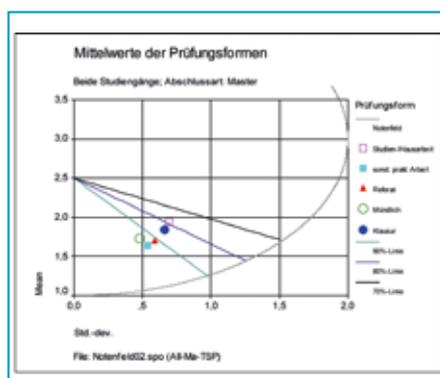


ABB. 4c: Mittelwerte der Noten nach Prüfungsform beim Master.

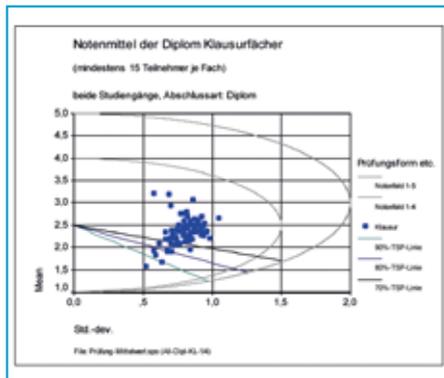


ABB. 5a: Durchschnittsnoten einzelner Diplom-Klausurfächer beider Studiengänge.

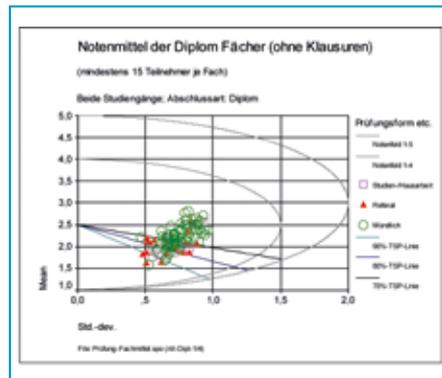


ABB. 5b: Durchschnittsnoten einzelner Diplom-Fächer nach Prüfungsart.

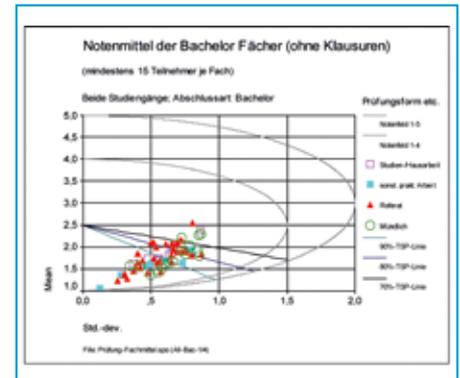


ABB. 6b: Durchschnittsnoten einzelner Diplom-Fächer nach Prüfungsart.

die im Durchschnitt um ca. 0,32 besser bewertet werden. Da ein Wahlfach nur stattfindet, wenn sich mindestens 5 Studierende dafür einschreiben, kann das bessere Resultat auch durch das „Buhlen um Teilnehmer“ via Note zustande kommen. Ebenso nahe liegend ist das Argument, dass hier auf Dozenten- wie Studierenden-seite die Lieblingsfächer angeboten bzw. ausgewählt wurden, für die gerne mehr Zeit investiert wird.

Die mittleren Fächerbewertungen der Prüfungsformen Referat, mündliche Prüfung und Haus- oder Studienarbeit zum Diplom zeigt die Abbildung 5b. Wie bereits in Abbildung 4a ersichtlich, deutet die Lage der Punktwolke der Fächer etwas bessere Notendurchschnitte an, wobei die mündlichen Prüfungen eher schlechter als die anderen beiden Prüfungsformen bewertet werden. Auch in dieser Punktwolke sind keine extremen Ausreißer erkennbar. Die Abbildung 6b zeigt analog die Bewertung der Fächer nach Prüfungsformen zum Bachelor. Hier ist eine deutliche Notenverbesserung bei vielen Fächern erkennbar, die mit ihrem Mittelwert unter der 90%-TSP-Linie positioniert sind. In das Bachelorstudium wurde neu die Prüfungsform der sonstigen schriftlichen oder praktischen Arbeiten integriert. Die erkennbar verbesserte Bewertung der abgebildeten Prüfungsformen hat bereits ca. 8 Jahre vor dem Bachelorstudium begonnen. Insbe-

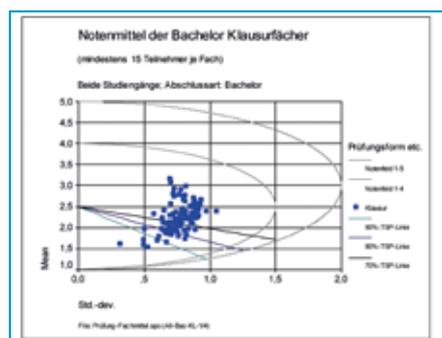


ABB. 6a: Durchschnittsnoten einzelner Bachelor Klausurfächer.

sondere bei Referaten und schriftlichen Arbeiten konnten je nach Studiengang eine Verbesserung der Benotung von bis zu 0,6 Notenstufen bei diesen Prüfungsformen festgestellt werden. Hier muss angemerkt werden, dass diese positive Entwicklung auch die Klausuren betraf und in eine Zeit mit extrem hohen Bewerberzahlen fiel (z.T. 10-20 Bewerber je Studienplatz). Referate, Studienarbeiten oder praktische Arbeiten fordern im Gegensatz zu Klausuren nicht von jedem Studierenden die gleiche Aufgabe zu bearbeiten, sondern oft individuelle Aufgabenstellungen. Dadurch ergibt sich ein schwierigerer Vergleich der erbrachten Leistung der Studierenden, der häufig mit „in dubio pro“ entschieden wird. Hinzu kommen die IT-Unterstützung und das Internet, mit deren Hilfe heute schneller attraktiv gestaltete Referate oder Hausarbeiten „gesampelt“ werden können. Bei den sehr gut bewerteten Fächern könnte das

Wahlfachargument oder das der Lieblingsfächer ursächlich sein. Falls ein Einfluss auf die Note durch KVP Bewertungen existiert, so würde dieser hier besonders stark ausfallen, da eine schlechte Bewertung mehr Subjekt bezogen gesehen wird und darüber hinaus nicht nur die allgemeine Bewertungsstrenge eines Dozenten sanktioniert wird, sondern in vielen Fällen die Note selbst, da diese oft direkt nach Erbringung der Leistung mitgeteilt wird.

## 8. DER KLEINE UNTERSCHIED

Betrachtet man die Gesamtnote des Studienabschlusses differenziert nach Geschlecht, so zeigt sich ein Unterschied von männlichen und weiblichen Studenten. In den Werten der Tabelle 4 sind alle Abschlussarten berücksichtigt. Während die 913 männlichen Studenten im Durchschnitt die Gesamtnote von 2,03 erzielten, schnitten die Studentinnen mit 1,94 insgesamt um 0,09 besser ab. Geht man davon aus, dass die einzelnen Ergebnisse unabhängig zustande kamen, so kann der Unterschied bei Anwendung des approximativen Zweistichproben Gaußtests<sup>18</sup> als hoch signifikant bezeichnet werden. Leider stammen die Noten von einem relativ kleinen Kreis von Dozenten, sodass die signifikante Qualität in Frage gestellt ist. Trotzdem ist der Unterschied – deskriptiv betrachtet – in den beiden Studiengängen bemerkenswert, da sich dieser fast kons-

tant in allen Prüfungsformen wieder findet. Der Vergleich auf Prüfungsebene findet mit einer hohen Anzahl von Prüfungen statt (vgl. Tabelle 5). Trotzdem wird hier auf einen Signifikanztest verzichtet, da die Prüfungsergebnisse einzelner Studierender nicht als unabhängig bezeichnet werden können. Abbildung 7 veranschaulicht die Ergebnisse der Prüfungsformen nach Geschlecht.

Die Entwicklung des Anteils der von Studentinnen abgelegter Prüfungen ist in den letzten 20 Jahren stetig angestiegen. Die Anteilswerte der Tabelle 6 zeigen für 1993 noch 36,6% weibliche und 63,4% männliche Studenten in den Prüfungen. 20 Jahre später ist das Verhältnis umgekehrt mit 62,2% und 37,8%. Rein rechnerisch müsste mit diesem Anstieg des um 0,09 Notenstufen besseren Geschlechts

die Durchschnittsnote um 0,05 Notenstufen steigen.

### 9. SCHLUSS

Die Untersuchung der Prüfungsdaten belegt eine deutliche Noteninflation in den letzten 20 Jahren. Im Vergleich zu damals würde ein Examen heute mit ca. 0,3 Notenstufen besser bewertet – warum auch immer. Der Beitrag der Klausuren zur Noteninflation stellt sich als gering und der der anderen Prüfungsformen als deutlich größer dar. Das Ziel der Untersuchung beschränkte sich auf die deskriptive Betrachtung der Situation in zwei wirtschaftswissenschaftlichen Studiengängen. In den einzelnen Abschlussarten streuen die Mittelwerte der Noten einzelner Fächer zum Teil stark. Einige fallen sehr gut aus, andere wieder nur befriedigend. Diese Streuungen



ABB. 7: Vergleich der Gender Notenmittelwerte nach Prüfungsform (Geschlechter Kennzeichnung durch: W-Prüfungsform bzw. M-Prüfungsform).

durch Vorgaben einzuengen würde auch die Möglichkeit, gerecht zu bewerten, reduzieren und darüber hinaus Kollateralschäden bewirken. Die Noteninflation selbst kann auch als Kollateralschaden von Effizienzbemühungen im Hochschulbereich interpretiert werden. Obgleich die Daten keine allgemeinen Schlüsse zulassen, hat eine derartige deskriptive Untersuchung, die nicht oberflächliche Schuldzuweisungen vornimmt, ihre Berechtigung, da sie Transparenz schafft und Reflexion der eigenen Bewertung ermöglicht.

Geschlecht	Anzahl	Noten-Mittelwert	Std. Abw.	Std. Abw. Mittelwert
männlich	913	2,0333	0,4498	0,01489
weiblich	1046	1,9459	0,4002	0,01489
gesamt	1959	1,9866	0,4262	0,00963

TAB. 4: Vergleich der Mittelwerte der Gesamt-Abschlussnoten nach Geschlecht.

Prüfungsform	Geschlecht					
	männlich			weiblich		
	Anzahl	Mittelwert	Std. Abw.	Anzahl	Mittelwert	Std. Abw.
Klausur	23717	2,39	0,86	28084	2,30	0,85
Mündliche Leistung	3894	2,03	0,73	4575	1,94	0,71
Referat	5172	1,90	0,71	6996	1,81	0,65
sonst. schriftl./prakt. Arbeit	816	1,73	0,61	1009	1,64	0,59
Studien-/Hausarbeit	2340	1,97	0,75	2912	1,87	0,67

TAB. 5: Vergleich der Gender Notenmittelwerte nach Prüfungsform

Prüfungsjahr	Geschlecht			
	männlich		weiblich	
	Anzahl	%	Anzahl	%
1993	599	63,4 %	346	36,6 %
2003	1554	42,6 %	2094	57,4 %
2013	2243	37,8 %	3695	62,2 %

TAB. 6: Anteil der Prüfungen, die in den Jahren 1991 bis 2013 von Studenten bzw. Studentinnen abgelegt wurden unter Einbezug aller Abschlussarten.

### FUSSNOTEN

- [1] Preuss R.: Zu gute Noten an deutschen Hochschulen, SZ, 11.11.2012, S. 1.
- [2] Für die Abiturprüfung im Fach Mathematik wurde diese Vermutung von fünf Wissenschaftlern bestätigt (vgl. Mathe-Aufgaben immer leichter, SK, 4.4.14, S. 4). Auch deutete bereits der auf einer Fachtagung am 5. Juli 2012 in Esslingen verfasste „Mindestanforderungskatalog Mathematik der Hochschulen Baden-Württembergs für ein Studium von MINT- oder Wirtschaftsfächern (WiMINT)“ des cosh (Kooperation Schule – Hochschule) darauf hin, dass Hochschulen bei den heutigen Studienanfängern Mathematikkenntnisse nachrüsten müssen.
- [3] Vgl. Plöter K.: Der Leistungsdruck lässt die Examensnoten steigen, DIE ZEIT online, 14.12.2014, <http://www.zeit.de/stu->

dium/2012-12/leserartikel-noteninflation-examen (abgerufen am 1.7.2014))

[4] Bereits 2007 vermutete der damalige Vorsitzende des Deutschen Philologenverbandes Heinz-Peter Meidinger einen gewissen Kuhhandel, bei dem „gute Abschlussnoten gegen gute Veranstaltungsbewertungen seitens der Studierenden“ getauscht werden. Die „Vertrautheit zwischen Professoren und Abschlusskandidaten“ verhindert ein Ausschöpfen der Notenskala (vgl. <http://www.spiegel.de/unispiegel/studium/einsen-fuer-alle-kuschelnoten-kuhhandel-kumpanei-a-460388.html>, 17. Januar 2007 (abgerufen 1.7.2014)).

[5] Vgl. <http://www.spiegel.de/unispiegel/studium/einsen-fuer-alle-kuschelnoten-kuhhandel-kumpanei-a-460388.html>, 17. Januar 2007 (abgerufen 1.7.2014)).

[6] Bartmann Ch., *Leben im Büro*, 2012.

[7] Deutsche Richter wurden im März 2013 vom Bundesverfassungsgericht gerügt, da diese zur Verkürzung von Prozessen häufiger untransparente „Deals“ in Strafrechtsfällen eingehen. Die Aufgabe eines Gerichts, die Wahrheit zu ermitteln, um auf deren Grundlage Recht zu sprechen, konkurriert hier mit der Prozesskostenreduktion (vgl. auch W. Janisch: Viele Richter kungeln am Strafrecht vorbei, *SZ*, 2.11.2012, S. 1 bzw. J. Cáceres: Die Justiz soll schneller werden, *SZ*, 28.3.2013). Auch dem an Gymnasien ausgestellten Abitur trauen immer weniger (vgl. U. Fricker: Muster ohne Wert, *Südkurier*, 21.3.2013, S. 2) in Anbetracht des von 2006 bis 2012 um 40% gestiegenen Anteils an 1,0 Abiturnoten (vgl. *Südkurier*, 16.6.14, S. 4).

[8] A. Schäfer: Noteninflation – Einsen für alle, *FAZ-online*, 25.3.2013 (<http://www.faz.net/aktuell/beruf-chance/campus/noteninflation-einser-fuer-alle-12115313.html> (abgerufen am 1.7.2014)).

[9] Hier muss angemerkt werden, dass manche Fakultäten die Abschlussarbeit als juristisch relevantes Dokument sehen und deshalb darin keine Kommentare anbringen.

[10] Vgl. Hochschulabschluss fast wie Jobgarantie, *Südkurier* vom 25.7.2013, S. 2. Eine Studie des Nürnberger Institutes für

Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) berechnete folgende Lebenseinkommen (in Mio €): ohne Berufsausbildung: 1, mit Lehre: 1,3, mit Abitur: 1,6, FH-Absolventen: 2, Uniabsolventen: 2,3 (vgl. Studie: Ausbildung zahlt sich aus, *Südkurier*, 24.1.14, S. 7).

[11] Vgl. *Wirtschaft warnt vor Akademisierung*, *Südkurier* vom 9.9.2013, S. 6.

[12] Das Problem der „Inflation der Bestnoten“ ist in den USA kein neues Phänomen und gehört für David Forster Wallace zur Charakterisierung der Befindlichkeit der amerikanischen Gesellschaft (siehe D.F. Wallace: *Unendlicher Spass*, 2009, S. 145).

[13] vgl. Bergmann L.: Warum ist schnelles Lernen out?, *brand eins*, 02/2014, S. 10ff.

[14] Neben den nicht vollständig registrierten Prüfungsformen besteht eine weitere Unschärfe in den Daten, da einige Fächer Wahlmöglichkeiten hinsichtlich der Prüfungsform vorsahen und in den letzten Semestern vermehrt „Modulprüfungen“ als Note erfasst wurden und nicht mehr detailliert die einzelnen Modulteilprüfungen und deren Prüfungsformen erkennen ließen. Diese Unschärfen bewirken bei der Bestimmung der mittleren Noten der einzelnen Prüfungsformen, dass deren Differenzen etwas kleiner ausfallen als diese in Wirklichkeit sind.

[15] Vgl. Schubert L. (2014): Mean-Variance - Space of Evaluations, 2014, <http://opus.htwg-konstanz.de/frontdoor/index/index/docId/272>

[16] Die Target-Shortfall-Probability ist ein Risikomaß in der Kapitalmarkttheorie und wurde zur Messung des Anteils der Studierenden mit guten oder sehr guten Abschlüssen übertragen. Ein Beispiel zur Anwendung der TSP in der Portfoliooptimierung zeigt z.B. Schubert L. (2002): Portfolio Optimization with Target-Shortfall-Probability-Vector, *Economics Analysis Working Papers*, Vol. 1 No 3, 2002, ISSN15791475.

[17] Vgl. Schubert L. (2014): Mean-Variance - Space of Evaluations, <http://opus.htwg-konstanz.de/frontdoor/index/index/docId/272>

[18] Vgl. Bamberg G., Baur F., Krapp, M.: *Statistik*, 2012, S. 179.

# PROJEKTE

## FAKULTÄT ARCHITEKTUR UND GESTALTUNG

### WECHSELWIRKUNGEN BEI DER KOMMUNIKATION MIT GESCHRIEBENEM, PRÄSENTIERTEM UND BILDERN

Im Projekt werden die Fragestellungen untersucht: Welche Wechselwirkungen entstehen bei der Kommunikation mit Geschriebenem, Präsentiertem und Bildern? Wie geht eine Professionalisierung dieser Kommunikation vonstatten? Wie kann sie befördert werden, insbesondere bei der Vermittlung komplexer Sachverhalte wie in der Kommunikation von Wissenschaft und Technik?

**Prof. Dr. phil. Volker Friedrich**

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: [fried@htwg-konstanz.de](mailto:fried@htwg-konstanz.de)

### ENERGIEEFFIZIENTE BELEUCHTUNGSANWENDUNGEN MIT LEDS DURCH ANGEPASSTE OPTISCHE AUSKOPPELSYSTEME

Mit der Patentierung der Glühlampe legte Thomas Alva Edison im Jahre 1880 den Grundstein für die Einführung einer elektrischen Gebäudebeleuchtung. Deren Technologie ist nach wie vor die Grundlage für eine Vielzahl von Lösungen in der Beleuchtungstechnik. Die Glühlampe hat den Vorteil einer exzellenten Farbwiedergabe, der stufenlosen Dimmbarkeit und eines unproblematischen Ein- und Ausschaltverhaltes. Die Energieeffizienz dieser Leuchtmittel ist jedoch sehr gering. Unter dem Gesichtspunkt der Energieeinsparung wurde daher ein stufenweises Verkaufsverbot für Glühlampen innerhalb der Europäischen Union beschlossen. Alternative Leuchtmittel mit einer deutlich höheren Energieeffizienz sind beispielsweise Gasentladungs- oder Kompaktleuchtstofflampen (die sogenannten Energiesparlampen). Wenngleich diese als vollwertiger Ersatz für die Glühlampe propagiert werden, haben auch sie erhebliche Nachteile. Dies betrifft vor allem die Farbwiedergabe und das Einschaltverhalten. Ebenfalls nicht unproblematisch ist das in diesen Lampen enthaltene Quecksilber. Demgegenüber haben Leuchtdioden (LEDs) in den letzten Jahren eine erstaunliche Entwicklung erlebt.

Eingeführt als einfarbige (monochrome) Lichtquellen kleiner Leistung, war ihre Anwendung zunächst auf Spezialgebiete wie beispielsweise Anzeigen oder Skalenbeleuchtungen beschränkt. Mit der Entwicklung der „weisen“ LED – zusammen mit einer erheblichen Leistungs- und Effizienzsteigerung haben diese Leuchtmittel nun das Potenzial, die obengenannten Alternativen zu ersetzen ohne dabei deren Nachteile zu übernehmen. Besonders interessant in diesem Zusammenhang sind die sogenannten Organischen LEDs (OLED). Diese Technologie befindet sich derzeit im Übergang von der Grundlagenforschung zur Anwendung und kann bereits in einigen Nischenbereichen (beispielsweise besonders brillante Displays von Mobiltelefonen) eingesetzt werden. Speziell diese Technologie besitzt das Potenzial, die Gebäudebeleuchtung grundlegend zu verändern. Es besteht daher ein großer und aktueller Bedarf, LEDs und OLEDs auch und speziell für die Einsatzfelder Innen- und Außenbeleuchtung weiterzuentwickeln. Bislang werden LEDs und die zugehörige Auskoppel- und Lichtformungsoptiken im Wesentlichen unabhängig voneinander entwickelt. In diesem Projekt soll eine Methodik für den Bau energieeffizienter Innen- und Außenbeleuchtung entwickelt werden. Dazu gehören alle systemrelevanten Aspekte wie das Design und die Herstellung hocheffizienter Freiformoptiken, Thermomanagement, mechanische Randbedingungen, Materialverhalten aber auch Randbedingungen zur Integration in Gebäude und Anlagen mit deren Beleuchtungs- und Energiekonzepten.

**Prof. Dr. Thomas Stark**

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: [thomas.stark@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.stark@htwg-konstanz.de)

### ENERGIEEFFIZIENTES BAUEN

Baunetz Wissen Solar: Das größte deutschsprachige Online-Portal für Architekten dient als Informationsplattform für das aktuelle Baugeschehen und wird als Nachschlagewerk für die Planung genutzt. Das Wissensportal zum Thema Solares Bauen wird vom Fachgebiet Energieeffizientes Bauen inhaltlich betreut. Ziel ist die Vermittlung





aktueller Entwicklungen in Forschung und Praxis an Architekt/inn/en und Interessierte. Energieanalysen (HAWK Hildesheim, Greenpeace Hamburg, Probsteikirche Leipzig): Die Energieuntersuchungen sind eine Hilfestellung für Architekturbüros im Wettbewerb. Im Auftrag gegeben vom Wettbewerbsauslober, stellt die Untersuchung die Möglichkeiten der Energienutzung und -produktion am Grundstück übersichtlich und ansprechend dar.

**Prof. Dr. Thomas Stark**

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: [thomas.stark@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.stark@htwg-konstanz.de)

#### WE.SEARCH – COMMUNITY BASED RESEARCH PLATFORM

Im Projekt »We.search« werden Motivation, Arbeitsweise und soziale Hintergründe von Designforschern untersucht. Die Ergebnisse dienen dazu, eine internetbasierte Such- und Austauschplattform für Designforscher zu schaffen.

**Prof. Brian Switzer**

Tel.: +49 (0)7531 206-853

E-Mail: [switzer@htwg-konstanz.de](mailto:switzer@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN

#### MULTISPECTRAL-SCANKAMERA

Ziel der Kooperation ist es, die Kompetenzen der HTWG Konstanz im Bereich Farb- und Lichtmesstechnik mit den Fähigkeiten eines Unternehmens zu vereinigen, um so schneller neue Anwendungen und Produkte im Bereich Farb-Kamera Scantechnik umsetzen zu können.

**Prof. Dr. Bernd Jödicke**

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: [joedicke@htwg-konstanz.de](mailto:joedicke@htwg-konstanz.de)

#### WEGGESTEUERTE ABNAHMEPRÜFUNGEN AN ZEMENTGEBUNDENEN STABILISIERUNGSSÄULEN

Es werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder herstellungs-

bedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

**Prof. Dr. Wolfgang Reitmeier**

Tel.: +49 (0)7531 206-224

E-Mail: [reitmeier@htwg-konstanz.de](mailto:reitmeier@htwg-konstanz.de)

#### 5D-KONFERENZ

The international 5D Conference will take place at the University of Applied Sciences in Constance. Representatives of the construction industry will present their current experiences and skills in applying 5D model-based process integration in practice. Their aim is to discuss the current status of model-based processes and to debate on future developments and envisioned goals. This way we can proactively shape the future of the construction industry. To stimulate a healthy exchange of ideas during this debate and benefit from both practice as well as research experience; we also invited some universities.

**Prof. Dr. Uwe Rickers**

Tel.: +49 (0)7531 206-716

E-Mail: [uwe.rickers@htwg-konstanz.de](mailto:uwe.rickers@htwg-konstanz.de)

#### FOLGEN DES KLIMAWANDELS AUF MASSENGUTAFFINE UNTERNEHMEN IN BADEN-WÜRTTEMBERG – VERWUNDBARKEITEN UND MODELLHAFTE ANPASSUNGSMASSNAHMEN

Der Klimawandel betrifft die Unternehmen in Baden-Württemberg in vielfältiger Weise. Während die Auswirkungen des Klimawandels auf Baden-Württemberg schon in mehreren Studien untersucht wurden, sind die konkreten Auswirkungen auf die Unternehmen und deren mögliche Anpassungsmaßnahmen bisher trotz erster Studien in diesem Themenbereich unvollständig analysiert, da die Untersuchungen entweder nur einzelne Auswirkungen des Klimawandels (z.B. mehr Hitzetage) analysieren, oder auf bestimmte Räume (z.B. Rhein) fokussieren. Um den wachsenden Beratungsbedarf massengutaffiner Unternehmen zu Klimagesprächen zu erfüllen und Informationslücken zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen, soll in diesem Projekt der Themenkomplex

„Klimawandelfolgen, Verwundbarkeiten und Anpassungsoptionen für massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg“ untersucht werden. Hierzu soll die Massengut-affine Industrie hinsichtlich ihrer Verletzlichkeit gegenüber Transporteinschränkungen während Niedrigwasserperioden analysiert werden. Unter Einbeziehung bereits vorhandener Studien sollen die Vulnerabilitätsuntersuchungen der einzelnen Unternehmen wenn möglich vor Ort geschehen. Die Ergebnisse können dann in ein bestehendes Modell eingepflegt werden, um sowohl die Verwundbarkeit verschiedener Unternehmen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft miteinander vergleichbar zu machen, als auch die Auswirkungen von möglichen Anpassungsmaßnahmen zu quantifizieren.

**Prof. Dr. habil. Benno Rothstein**

Tel.: (0)7531 206-714

E-Mail: [benno.rothstein@htwg-konstanz.de](mailto:benno.rothstein@htwg-konstanz.de)

#### **KLIMOPASS: MODELLHAFT ANPASSUNGEN AN DEN KLIMAWANDEL**

Ziel des Projektes ist es, für die Energiewirtschaft – auf Basis der sich durch den Klimawandel ändernden Energiebereitstellung – gegenwärtige und zukünftige Wassernutzungskonkurrenzen im Einzugsgebiet des Neckars zu identifizieren, zu analysieren und zu vergleichen. In der Projektphase 1 wird eine zusammenfassende Darstellung der Auswirkungen des Klimawandels auf die Energiewirtschaft vorgenommen und hinsichtlich der Relevanz für Baden-Württemberg untersucht und dargestellt. In der Phase 2 werden die Erkenntnisse hinsichtlich der energiewirtschaftlichen Wassernutzung weiterentwickelt. Hierfür werden eine Analyse und Projektion von Wassernutzungskonkurrenzen unter Klimawandelbedingungen vorgenommen. In der abschließenden Phase 3 erfolgen eine neue Abschätzung der Relevanz der zukünftigen energiewirtschaftlichen Wassernutzung in Baden-Württemberg sowie eine Erarbeitung von modellhaften Anpassungsoptionen an den Klimawandel.

**Prof. Dr. Benno Rothstein**

Tel.: +49 (0)7531 206-714

E-Mail: [rothstein@htwg-konstanz.de](mailto:rothstein@htwg-konstanz.de)



#### **KOMPETENZZENTRUM ENERGIEWENDE KONSTANZ**

Das Projekt verfolgt das Ziel, mit Hilfe einer Servicestelle vorhandene Kompetenzen im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden, Kommunen und Regionen an der Hochschule Konstanz professionell zu bündeln und mit externen Experten z.B. aus Unternehmen, Stadtverwaltung und Gesellschaft zusammenzubringen. In einem partizipativen Prozess werden Konstanzer Problemstellungen identifiziert und Kristallisationspunkte für interdisziplinäre, sektorübergreifende Projektteams geschaffen. Entstehende Projektteams werden durch die Servicestelle bei der transdisziplinären Zusammenarbeit methodisch begleitet und insbesondere bei der Organisation von Projektfinanzierungen unterstützt. Das Projekt soll so die Grundlage für innovative, integrierte und anwendungsorientierte Forschungsprojekte zur Energiewende in der Region Konstanz verbessern. Es schafft eine Infrastruktur für die Stärkung des Beitrags der Hochschule Konstanz zur Energiewende in der Region.

**Prof. Dr. Maike Sippel**

Tel.: +49 (0)7531 206-707

E-Mail: [maike.sippel@htwg-konstanz.de](mailto:maike.sippel@htwg-konstanz.de)

#### **SPEZIELLE UNTERSUCHUNGEN AN BAUPRODUKTEN**

In diesem Arbeitsbereich sind Prüfaufträge an Bauprodukten zusammengefasst, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern, Verwahrkästen (Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebesclaulufen, Spezialprüfungen an Natursteinen etc. Meist handelt es sich dabei um neu entwickelte Bauprodukte, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eignungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

**Prof. Franz Zahn PhD**

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: [zahn@htwg-konstanz.de](mailto:zahn@htwg-konstanz.de)

#### **ZUSTANDSERFASSUNG UND BEGUTACHTUNG VON BAUTEILEN UND BAUSTOFFEN DES HOCH- UND TIEFBAUS**

Im Auftrag werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken, und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersu-

chungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden dann ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

**Prof. Franz Zahn PhD**

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: [zahn@htwg-konstanz.de](mailto:zahn@htwg-konstanz.de)

## FAKULTÄT ELEKTROTECHNIK UND INFORMATIONSTECHNIK

---

### SIMULATION

Validierung und Weiterentwicklung von Simulationstools zur Prozessverbesserung.

**Prof. Dr. Thomas Birkhölzer**

Tel.: +49 (0)7531 206-239

E-Mail: [birkh@htwg-konstanz.de](mailto:birkh@htwg-konstanz.de)

### CODIERUNGSVERFAHREN ZUR STEGANOGRAPHIE

Steganographie ist der Überbegriff für Verfahren zum Einbetten verborgener Informationen in Bilder oder Audio-Dateien. Die verborgenen Informationen dienen z.B. als Urheberschutz (Stichwort: digitale Wasserzeichen). In diesem Vorhaben sollen spezielle Verfahren für die Steganographie bei Sprachdaten entwickelt werden. Ziel ist dabei die Einbettung von Parametern zur Sprachcodierung in Sprachdaten, wie sie z.B. über das herkömmliche Telefonnetz übertragen werden. Mit den detektierten Parametern kann die Qualität der übertragenen Sprache auf der Empfangsseite deutlich verbessert werden. Durch das Einbetten der Information in die herkömmlichen Sprachdaten kann dies ohne Einfluss auf bestehende Netze und Endgeräte geschehen.

Die Verfahren der Steganographie benötigen Methoden aus dem Bereich der Kanalcodierung. Eine zu versteckende Nachricht wird beispielsweise durch Verwendung von speziellen Spreizcodes in das Audiosignal encodiert, so dass die Veränderung für den Menschen nicht wahrnehmbar ist. Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung geeigneter Spreizcodes für geringe Datenraten zur Einbettung der versteckten Nachricht. Diese Codes müssen robust gegen Fehler sein, die bei der Übertragung von Sprachdaten auftreten. Dies soll im Rahmen einer zweijährigen Untersuchung an der HTWG Konstanz durchgeführt werden. Dabei geht es vor allem darum, neue Wege zu finden, um die mathematischen und physikalischen Methoden aus dem Bereich der

Zahlentheorie und Gruppentheorie zu kombinieren und neue Abbildungsvorschriften für die Codierung zu entwickeln.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

### ENTWICKLUNG EINER FLEXIBLEN FEHLERKORREKTUR FÜR FLASH-SPEICHER

Flash-Speicher wurden ursprünglich als Speichermedium für Digitalkameras entwickelt. Inzwischen finden sie in vielen Bereichen Anwendung, so sind Flash-Speicher in Form von Solid State Drives heute schon direkte Konkurrenten zur magnetischen Datenspeicherung auf Festplatte und könnten diese in den nächsten Jahren im Bereich der Personalcomputer weitgehend ablösen. Fehlerkorrekturverfahren sind für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern unabdingbar. Im Rahmen dieser Kooperation wird ein Flashcontroller mit sehr leistungsfähiger Fehlerkorrektur entwickelt.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

### MIKROFON-DIVERSITÄTSVERFAHREN ZUR VERBESSERUNG DER SPRACHERKENNUNG IN SPRACHBEDIENSYSTEMEN

Bei der automatischen Spracherkennung werden unter akustisch günstigen Bedingungen bereits hervorragende Erkennungsraten erzielt. Umweltgeräusche wie Fahrgeräusche im Auto oder Windgeräusche im Freien beeinträchtigen die Erkennungsleistung allerdings erheblich. Daher werden in Sprachbediensystemen für das Kfz oder für tragbare Computer Geräuschunterdrückungsverfahren eingesetzt. Solche Verfahren werden auch in Telefonfreisprecheinrichtungen und Hörgeräten benötigt. Im Bereich der tragbaren Computer werden üblicherweise Geräuschunterdrückungsverfahren verwendet, die mit nur einem Mikrofon auskommen. Diese einkanalen Verfahren können jedoch instationäre Störungen, z.B. durch andere Sprecher, die die Erkennungsleistung besonders beeinträchtigen, nicht wirkungsvoll unterdrücken. Im Automobil sind Mikrofonarrays mit zwei bis vier Arrays im Einsatz. Solche Beamformer-Anordnungen sind jedoch für den Einsatz mit tragbaren Geräten oder Headsets ungeeignet. Aber auch beim Einsatz im PKW stellen Beamformer noch keine optimale Lösung zur Geräuschreduktion dar. So ist zum Beispiel die erzielbare Störgeräuschunterdrückung stark von der Sitzposition und damit von der Sprechergröße abhängig. Selbst adaptive Mikrofonarrays sind in ihrer Leistungsfähigkeit eingeschränkt, weil das Array in der Regel konzentriert an einer Position eingebaut ist, die wiederum nicht für alle Sitzpositionen optimal ist. Störungen aus der Richtung des Nutzsignals, z.B. durch Insassen auf der Rückbank, können mit einer üblichen Array-Anordnung nicht unterdrückt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, den Einfluss von Umweltgeräuschen auf Freisprecheinrichtungen und auf die Spracherkennung zu reduzieren. Hierbei steht die Anwendung in eingebetteten Systemen im Vordergrund. Insbe-

sondere soll die Geräuschunterdrückung in Sprachbediensystemen und in Freisprecheinrichtungen im Auto und in tragbaren Computern zum Einsatz kommen. Das entsprechende Geräuschunterdrückungsverfahren muss sich daher durch eine geringe Komplexität auszeichnen. Dennoch muss es in sehr unterschiedlichen Geräuschklassen einsetzbar sein. Als Lösung wird ein Mikrofon-Diversitätsverfahren untersucht. Dabei werden mindestens zwei Mikrofone so positioniert, dass sie möglichst unterschiedliche Störungen erfahren. So kann zum Beispiel beim Einsatz eines Headsets ein Mikrofon auf jeder Kopfseite positioniert werden. Das Signal für die Spracherkennung wird durch geeignete Kombination der Mikrofon-signale gewonnen. Die Kombination wird im Frequenzbereich durchgeführt. Falls ein Frequenz-Zeit-Punkt eines der Mikrofon-signale stärker gestört ist als der des anderen, wird der bessere Kanal ausgewählt. Sind beide Kanäle ähnlich stark gestört, wird die Information beider Kanäle benutzt, um eine optimale Geräuschunterdrückung zu erreichen.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-647

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

#### VERFAHREN ZUR SIGNALKOMBINATION VERTEILTER MIKROFONE

In vielen Anwendungen, wie beim Telefonieren mit Freisprecheinrichtungen oder bei der Sprachbedienung in Fahrzeugen werden die durch Mikrofone aufgenommenen Sprachsignale durch Geräusche und Raumhall überlagert. Diese Überlagerungen werden in der Regel als sehr störend empfunden, verschlechtern die Sprachqualität und Verständlichkeit. Daher werden schon heute vielfach mehrkanalige Verfahren zur Unterdrückung dieser Störungen eingesetzt. Die Mikrofone sind dabei in der Regel in sogenannten Beamformer-Arrays in relativ geringem Abstand angebracht. Durch eine Vergrößerung des Mikrofonabstands kann die Leistungsfähigkeit der Geräusch- und Hallunterdrückung erheblich gesteigert werden. Jedoch erschwert sich dadurch auch die Kombination der Mikrofon-signale. Im Bereich der Nachrichtenübertragung werden zur Kombination von Antennensignalen häufig Verfahren zum Diversity-Combining genutzt. Durch eigene Arbeiten zur mehrkanaligen Geräuschreduktion konnte gezeigt werden, dass sich Diversity-Combining auch gewinnbringend auf Sprachsignale anwenden lässt. Dabei werden gerade die unterschiedlichen Signalbedingungen ausgenutzt. Ziel dieses Vorhabens ist die Verallgemeinerung und Erweiterung der Diversity-Verfahren auf andere Anwendungsfelder. Es sollen Verfahren entwickelt werden, die ein oder mehrere gewünschte Sprachsignale aus den Mikrofon-signalen einer verteilten Mikrofonanordnung extrahieren. Dabei sind die Mikrofon-signale durch Raumhall und Geräusche gestört. Anwendungsfälle sind beispielsweise das Freisprechen in Fahrzeugen oder mit Telefonkonferenzsystemen und Hörgeräte.

**Prof. Dr. Jürgen Freudenberger**

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: [jfreuden@htwg-konstanz.de](mailto:jfreuden@htwg-konstanz.de)

#### INTERNETBASIERTE ARCHITEKTUR FÜR LOKALE GNSS-KOMPONENTEN

Mit lokalen Komponenten wird bei globalen Navigationssatellitensystemen (Global Navigation Satellite System, GNSS) wie GPS, GLO-NASS und GALILEO das Leistungsangebot des Dienstes vor Ort für meist professionelle Nutzer ergänzt (Mehrwertdienste). Durch die Bestimmung und Verbreitung differenzieller Korrekturdaten, lokaler Integritätsinformation oder zusätzlicher Signale z.B. durch Pseudolites wird eine Verbesserung der Leistungsparameter von Satellitennavigationslösungen bezüglich Genauigkeit, Verfügbarkeit und Integrität in einem lokal begrenzten Einsatzgebiet erreicht. Derzeit in Deutschland verfügbare Dienste wie beispielsweise der Satellitenpositionierungsdienst der deutschen Landesvermessung (SAPOS) oder der privatwirtschaftliche Dienst ASCOS basieren, in ihrer technischen Implementierung, auf einem Netz von Referenzstationen, das über Kommunikationsverbindungen (meist Standleitungen) mit einem oder mehreren Kontrollzentren verbunden ist. In Kooperation mit der Alberding GmbH, dem Department of Telecommunications der AGH University of Science and Technology (Krakau/Polen) und mit Unterstützung der Siemens AG (Industrial Solutions and Services) wird eine erweiterbare internetbasierte redundante Architektur für lokale GNSS-Komponenten (Verbreitung differenzieller Korrekturdaten und lokaler Integritätsinformation) entwickelt. Diese Architektur soll als reine Serverlösung, einsatzfähig auf dedizierten Servern (Mietserver/Root-Server), mit für Internetdienste gängigen Technologien wie beispielsweise Linux, Apache, MySQL, PHP oder Perl als Prototyp, mit dem zukünftige Entwicklungen auf dem Gebiet der lokalen GNSS-Dienste entwickelt und getestet werden können, implementiert werden.



**Prof. Dr. Harald Gebhard**

Tel.: +49 (0)7531 206-270

E-Mail: [harald.gebhard@htwg-konstanz.de](mailto:harald.gebhard@htwg-konstanz.de)

### 3-STUFEN-PULSWECHSELRICHTER MIT ENTLASTUNGS- NETZWERK

Im Projekt wird ein 3-Stufen-Pulswechselrichter mit einem neuartigen Entlastungsnetzwerk entwickelt. Mit der Schaltungsanordnung werden Schaltverluste vermieden und der Wirkungsgrad gesteigert.

**Prof. Dr. Manfred Gekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: [gekeler@htwg-konstanz.de](mailto:gekeler@htwg-konstanz.de)

### HYBRIDES PLANUNGSVERFAHREN ZUR ENERGIEEFFIZIENTEN WÄRME- UND STROMVERSORGUNG VON STÄDTISCHEN VER- TEILNETZEN - HYPVENEFF:STADT

Der steigende Anteil Erneuerbarer Energien (EE), die Notwendigkeit diese abzusichern und die Diversifizierung der Technologien im Bereich der Heizwärme und der dezentralen Stromerzeugung haben unmittelbar Auswirkungen auf die zukünftige Auslegung und Steuerung der Verteilnetze in der kommunalen Versorgung. Die wachsende Strom-Eigenerzeugung (Micro-KWK, BHKW, PV) in den Verteilnetzen kann einerseits eine Verminderung der Netzbelastung in Starklastzeiten bewirken, andererseits jedoch auch zu einer Umkehr der Stromflüsse und zu neuen lokalen Spitzenbelastungen führen. Der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen zur Gebäudeheizung wird neue Lastspitzen in den Stromverteilsnetzen erzeugen, die auch in wind- und PV-armen Zeiten durch Graustrom (Strom aus fossilen Kraftwerken) abgesichert sein müssen. Ohne Maßnahmen der Laststeuerung müssten die Niederspannungs- (NS) und Mittelspannungsnetze (MS) kostenintensiv verstärkt und die Stationsdichte in der Stromverteilung erhöht werden. Die zusätzlichen Verbrauchsspitzen können jedoch durch zeitgleich arbeitende zentrale oder dezentrale, wärmegeführte KWK-Anlagen kompensiert oder sogar vermieden werden. Voraussetzung für den Betrieb von KWK-Anlagen ist die Existenz von Gas- und Wärmenetzen in der Verteilebene und die gezielte Steuerungsmöglichkeit der Kundenanlagen durch den Netzbetreiber. Der Einsatz zentraler und dezentraler Technologien führt somit zu einer engen Koppelung und gegenseitigen Abhängigkeit zukünftiger Wärme-, Gas- und Stromverteilsnetze. Ein gesamtwirtschaftlich effizienter Umbau der Strom- und Wärmeerzeugung ist daher nur möglich, wenn parallel zum Einsatz der unterschiedlichen Technologien auch die kostenintensive Infrastruktur von Strom-, Gas- und Wärmenetzen betrachtet wird. Isolierte Spartenbetrachtungen werden den zukünftigen Anforderungen an die Energie- und speziell an die Wärmeversorgung sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Hinsicht nicht mehr gerecht. Das vorgeschlagene Forschungsvorhaben HYPVENEFF:Stadt soll auf der Basis von Simulations- und Optimierungsverfahren eine integrierte

Sichtweise der Energieverteilung erlauben. Dabei sollen die Aufgabenstellungen typischer Städte im besonderen Fokus stehen. Unter Berücksichtigung eines sich ändernden Kraftwerksparks mit hohem EE-Anteil werden in diesem Projekt zunächst gebäudescharf die unterschiedlichen Technologien der dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung identifiziert, die optimale Anzahl und Leistung bestimmt und anschließend die Energienetze hierfür optimiert. Die Verbundpartner im vorliegenden Projekt wollen praxistaugliche hybride Planungsverfahren für Strom-, Gas- und Wärmeverteilnetze mit Priorisierung der zugehörigen Technologien entwickeln und anschließend die Auswirkungen an drei realen kommunalen Verteilsnetzen untersuchen. Dabei werden die Auswirkungen ökologischer Zielvorgaben (z. B. Maximierung der Nutzung regenerativ erzeugten Stroms, Minimierung des Graustroms zur Absicherung der Erzeugungsleistung) und ökonomischer Zielvorgaben (z. B. Minimierung der Kosten der Verteilsnetze mit und ohne Berücksichtigung der Kosten der Kundenanlagen) auf die Dimensionierung und Versorgungssicherheit realer Wärme- und Stromverteilnetze untersucht. Daraus können Empfehlungen für die zukünftigen zentralen und dezentralen Technologien und die Auslegung der Strom-, Gas- und Wärmenetze abgeleitet werden. Mit den so erarbeiteten Erkenntnissen kann eine Hochrechnung auf eine große Anzahl vergleichbarer kommunaler Netze in Deutschland erfolgen.

**Prof. Dr. Thomas Göllinger**

Tel.: (0)7531 206-704

[thomas.goellinger@htwg-konstanz.de](mailto:thomas.goellinger@htwg-konstanz.de)

### ALTERUNGSPROGNOSE UND EIGENDIAGNOSE BEI MAGNETAK- TUATOREN - APRODIMA

In dem Projekt geht es um die Realisierung eines interdisziplinären, mechatronisch-informationstechnischen Ansatzes mit dem Ziel, zuverlässige Fehlererkennung und Alterungsprognose von Magnetaktuatoren zu ermöglichen. Hierzu sollen aus dem Verlauf der Messgrößen Spulenstrom und Spannung die benötigten Informationen extrahiert bzw. aufbereitet werden. Die angestrebten Ziele sind dabei zum einen das zuverlässige Erkennen, ob der Aktuator noch gemäß den spezifizierten Anforderungen korrekt arbeitet (Diagnose). Zum anderen ist insbesondere das Ziel, auch Degenerationserscheinungen und deren zeitliche Progression frühzeitig zu erkennen und darauf basierend zu prognostizieren, über welche Restzeitdauer der Aktuator in der Lage sein wird, seine evtl. sicherheitsrelevante Funktion zu erfüllen. Weiter ist es Ziel des Projektes, die untersuchten bzw. entwickelten Methoden so robust zu gestalten, dass bei den Kooperationspartnern die Verfahren möglichst leicht in ihre Produkte einfließen können. Dies erfordert eine hinreichend große Zahl von Versuchskomponenten, die systematisch gealtert werden müssen und ist mit einem erheblichen experimentellen Aufwand verknüpft. Darüber hinaus sollen die Verfahren so flexibel sein, dass sie leicht auf verschiede-



ne magnetische Aktuatoren übertragen werden können. Weiteres Ziel zur möglichst schnellen Verwertung der Ergebnisse ist es, die Algorithmen so auszuprägen, dass sie auf kleinen Embedded Plattformen in Echtzeit lauffähig sind.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### EIGENDIAGNOSE UND PROGNOSTIK FÜR MAGNETAKTUATOREN

Elektromagnetische Aktuatoren in Form von Hubmagneten oder Schaltventilen kommen in einer Vielzahl von technischen Anwendungen, z.B. in Aufzügen, Kraftwerken, hydraulischen Ventilen, Hochspannungsschaltern Gaswechselventilen etc. zum Einsatz. Wesentliches Merkmal ist, dass diese Aktuatoren eine immense Anzahl von Schaltzyklen durchlaufen müssen. Je nach Anwendungsgebiet können Hubmagnete einige Millionen, Schaltventile bis zu einer Milliarde Schaltspiele erreichen. Mechanische, thermische und elektrische Beanspruchungen sorgen dafür, dass die Aktuatoren einem gewissen Verschleiß und damit einer begrenzten Lebensdauer unterliegen. Das Projekt dient der Erforschung von Merkmalen während des Betriebs leicht messbarer physikalischer Größen, die Aufschluss über den aktuellen Status (State of Health, SoH) des Aktuators geben. Als weiterer innovativer Aspekt sollen darüber hinaus Möglichkeiten untersucht werden, den weiteren Verlauf des SoH zu prognostizieren. Hierdurch wird der Übergang von einer reaktiven Instandhaltung zu wesentlich effizienteren, zustandsorientierten Wartungsstrategien ermöglicht, da diese Magnetaktuatoren die Fähigkeiten einer Selbstdiagnose erlangen. In sicherheitsrelevanten Anwendungen können dadurch intelligente Selbstschutzmechanismen implementiert und Störfälle minimiert werden. Neben einer signifikanten Senkung von Wartungskosten werden somit auch die Verfügbarkeit und Sicherheit ganzer Systeme erhöht. In zukünftigen Projekten können die Prognosemodelle und Analyseverfahren auf weitere magnetische Systeme, wie z.B. elektrische Antriebe, übertragen werden, um die Forschungsergebnisse auf eine höhere Anzahl von Anwendungen auszuweiten. Weiter

kann eine Systematik aufgestellt werden, mit der die Diagnoseverfahren in die Struktur hoch integrierter Systeme eingebunden werden können, um systematische, zustandsorientierte Wartungsstrategien und Selbstschutzmechanismen aufstellen zu können.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG EINES INTEGRIERTEN AUTONOMEN MESSSYSTEMS FÜR MARITIME VERMESSUNGSAUFGABEN

Im Vorhaben geht es um die Entwicklung eines neuartigen integrierten Messsystems für maritime Anwendungen. Derartige Messsysteme kommen zunehmend im Bereich Bauwesen, Biologie, Geologie, forensischer Untersuchungen usw. zum Einsatz. Innovativer Kern ist die direkte Verknüpfung der Ablaufsteuerung der Messaufgabe mit den Algorithmen zur präzisen Bahnregelung, Umgebungserkennung und Kollisionsvermeidung. Hierdurch wird es möglich, komplexe Messaufgaben im maritimen Bereich autark bzw. effizienter und sicherer durchzuführen. Die Arbeitsteilung ist derart, dass die Fa. EvoLogics im Wesentlichen die Spezifikation und Umsetzung der eigentlichen Messaufgabe übernimmt. Hierzu gehören auch die elektronische Hardwareentwicklung zur Ausstattung des Versuchsträgers sowie die Entwicklung einer Bedienoberfläche für den Nutzer. Die HTWG Konstanz entwickelt die erforderlichen Algorithmen zur präzisen Navigation, Regelung sowie Bahnplanung und Kollisionsvermeidung. Als Methode werden Verfahren der künstlichen Intelligenz eingesetzt. Konkretes Ergebnis soll ein getesteter Demonstrator sein, mit dem die gesteckten Ziele darstellbar sind und der den Weg hin zu einem Serienprodukt klar aufzeigt.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

#### ENTWICKLUNG VON IMPEDANZSENSORIK UND DER ZUGEHÖRIGEN AUSWERTE-ALGORITHMEN ZUR CHARAKTERISIERUNG DES VERHALTENS VON MIKROORGANISMEN UND DES WACHSTUMS VON BIOFILMEN

Ausgehend von dem erfolgreichen Multispecies Freshwater Bio-monitor (Umweltsensor: DPMA 202010013088.3), welcher mit Makroorganismen zur Messung von Schadstoffeffekten in Oberflächen- und anderen Abwässern eingesetzt wird, strebt das Projekt die Neuentwicklung von Messzellen im mikroskopischen Bereich und das erstmalige Testen von Einzellern, Zelllinien und Biofilmen als Bioindikatoren für die Umweltüberwachung an sowie neue Anwendungsfelder, z.B. in Badegewässern und Trinkwasserleitungen. Basierend auf der Erfahrung der 4-polaren Impedanzwandlung (resistive und kapazitive Messelemente) wird die

Elektronik neu aufgelegt (rein kapazitiv, miniaturisiert, Energieverbrauch) und die Trennung analoger und digitaler Elektronik mit maximaler digitaler Flexibilität des Parametersettings und neuen Alarmalgorithmen vorgenommen. Die Sensitivität der Signalgenerierung und -auswertung wird gesteigert, um Einzeller und Biofilme zu messen (Microimpedance). Neue Messzellen werden konstruiert, alle Materialien, Gehäuse und Kabel werden wasserdicht und druckbeständig aufgelegt, um eine neue Anwendung im Tiefseebereich zu erlauben.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

**Tel.:** (0)7531 206-266

**E-Mail:** jreuter@htwg-konstanz.de

#### **GNSS-GESTÜTZTES LOWCOST-MULTISENSORSYSTEM ZUR MOBILEN PLATTFORMNAVIGATION UND OBJEKTGEOREFERENZIERUNG**

Ein Konsortium aus acht Unternehmen und den Hochschulen für Angewandte Wissenschaften in Karlsruhe und Konstanz hat sich zusammengeschlossen, um die nächste Generation an präzisen Low-cost-Navigationsplattformen zu entwickeln und neue Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

**Tel.:** +49 (0)7531 206-266

**E-Mail:** jreuter@htwg-konstanz.de

#### **NEUE VERFAHREN ZUR VERMEIDUNG VON SCHIFFSKOLLISIONEN AUF BINNENSEEN**

Im Bereich der Schifffahrt machen Kollisionen bei weitem den größten Teil aller Unfälle aus. So geht aus dem Internationalen Polizeibericht in 2007 für den Bodensee hervor, dass Kollisionen mit 58% die häufigste Ursache darstellen. Die Schadenssumme allein am Bodensee stieg um 72% auf 518.000 Euro. Auf dem Bodensee sind rund 50.000 Boote registriert. Rechnet man die Schadenssumme hoch auf die bundesweite Anzahl zugelassener Boote (450.000 in 2005), so kann man von einer jährlichen Schadenssumme von etwa 4,5 Millionen Euro ausgehen. Eine US-Statistik berichtet von 1600 Schiffskollisionen in US-Gewässern in 2006 mit über 120 Opfern und benennt unter den 10 häufigsten zur Kollision führenden Ursachen mangelnde Aufmerksamkeit (1), Achtlosigkeit des Schiffsführers (2) sowie kein angemessenes Ausschauhhalten der Crew (5). Um eine Minderung des Kollisionsrisikos zu erreichen, sind in der kommerziellen Schifffahrt seit geraumer Zeit verschiedene Systeme im Einsatz, die basierend auf GPS, Radar und Automatic Identification Systemen (AIS) in Verbindung mit digitalen Karten den Schiffsführer bei der Navigation unterstützen. Diese Systeme finden im Wesentlichen im Küstenbereich und auf Wasserstraßen Verwendung. Für den nicht-kommerziellen Schiffsverkehr, insbesondere für kleinere Sportboote, die jedoch den weitaus größten Teil des Verkehrsaufkommens auf Binnengewässern ausmachen, sind derartige Systeme bisher nicht verbreitet. Dies liegt zum Teil an den Kosten solcher Systeme, zum anderen ist die auf spurgeführten Was-

serstraßen bzw. in Fahrinnen gewählte Vorgehensweise nicht direkt auf die in der Regel ungeordnete Verkehrssituation, wie sie sich auf Binnenseen darstellt, übertragbar. Für die Realisierung von Systemen, die geeignet sind, Piloten von Freizeitbooten bei der Navigation und insbesondere bei der Vermeidung von Kollisionen zu unterstützen, gibt sich eine Reihe von Schwierigkeiten. Geht man davon aus, dass eine übergreifende Ausstattung mit AIS, bei dem jedes Fahrzeug seine Positionskordinaten und Bewegungsdaten sendet und in Form eines Hopping Networks gegenseitig Manöver automatisch synchronisiert werden können, nicht gegeben ist, so muss mit Hilfe geeigneter Sensorik, in der Regel Radar, die lokale Verkehrssituation aufgenommen und algorithmisch interpretiert werden. Die Szenenaufnahme ist insbesondere wegen der Schiffs-Eigenbewegung mit ihrer großen Zahl von Freiheitsgraden erschwert. Will man aus Kosten- und Komplexitätsgründen auf den Einsatz aktiv stabilisierter Plattformen verzichten, so kommt aufgrund der Eigenbewegung der Sensoren dem Einsatz geeigneter Tracking-Algorithmen eine große Bedeutung bei. Aufgrund der komplexen Eigenbewegung des Schiffes sind daher z.B. Trackingverfahren, wie sie bereits heute im Automobilbereich verwendet werden, nicht oder höchstens bedingt geeignet. Hier besteht ein signifikanter Bedarf an Innovationen. Liegt die Szene schließlich z.B. als zweidimensionale lokale Karte vor, in der die Koordinaten und Relativbewegungen der im Sensorbereich detektierten Objekte verfügbar sind, so stellt sich als nächste Schwierigkeit die richtige Interpretation der Szene. Die Kurse, unter denen sich u.U. eine Vielzahl von Booten einem potenziellen Kontaktpunkt nähern, sind auf Seen nahezu beliebig, was zu komplexeren Anforderungen bzgl. der Vorhersage und der Kollisionsvermeidungsstrategien führt. Im einfachsten Fall kann dem Schiffsführer ein z.B. akustisches Signal die Gefährdung signalisieren. In weiter ausgebauten Versionen können direkte Vorschläge für ein geeignetes Manöver gemacht werden. Hierzu müssen geeignete Pfade unter Berücksichtigung der Bewegungsmöglichkeiten des Bootes und insbesondere auch der Schifffahrtsregeln geplant und hinsichtlich geeigneter Gütekriterien gewichtet und ausgewählt werden. Die Anforderungen gehen damit über die verbreiteten Wegplanungs-Szenarien autonomer Roboter hinaus. In einer weiteren Ausbaustufe soll es ermöglicht werden, die Manöver autark durchzuführen, was den Einsatz eines geeigneten Autopiloten zur Folgeregelung erfordert. Die innerhalb dieses Projektes entwickelten Methoden und Verfahren sind über die Anwendung in der Schifffahrt auch in verschiedenen anderen Bereichen von Nutzen. Neben dem Einsatz verbesserter Tracking Algorithmen beim Adaptive Cruise Control oder Lane Departure Warning zur Unfallvermeidung bei Autos und LKW sind die Projektziele insbesondere auch relevant für den Einsatz von Service Robotern, bei denen die Sensoren sich nicht relativ langsam in einer Ebene bewegen. Dies ist z.B. bei humanoiden oder mehrbeinigen Laufrobotern der Fall sowie generell beim Einsatz von Robotern in unebenem Terrain. Ergebnisse in dem vorgeschlagenen Arbeitsgebiet können über den Bereich der Schifffahrt hinaus dazu beitragen, den Stand der Forschung im Bereich autonomer Systeme zu erweitern.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

### OPTISCHE MESSVERFAHREN ZUR GESCHWINDIGKEITSBESTIMMUNG UND REGELUNG VON SUBSTRATEN

Bei einer Reihe von industriellen Bearbeitungsvorgängen ist die präzise Kenntnis der aktuellen Position von bewegten Objekten relativ zu einem Aktuator eine fundamentale Forderung. Die Notwendigkeit einer hochgenauen Positionsinformation wird beispielsweise beim Farbdruk sofort verständlich, da bei diesem Verfahren ein einzelner farbiger Bildpunkt durch mehrere, in Bewegungsrichtung des zu bedruckenden Substrates, hintereinander aufgetragene Grundfarbpunkte gebildet wird. Die geforderten Genauigkeiten liegen in der Regel im Bereich weniger n Meter, bei einer Substrat-Geschwindigkeit von einigen Metern pro Sekunde. Ein anderes Beispiel ist der Vorgang der Magnetcodierung, bei dem entsprechend der Position der Magnetkarte ein geeignetes Feld am Schreibkopf generiert werden muss, um die gewünschten Daten aufzubringen. Auch hier liegen die Anforderungen bzgl. der Genauigkeit des aufgebrachten Musters im Hundertstel-Millimeter-Bereich, bei Transportgeschwindigkeiten der Karten bis zu 2 Meter pro Sekunde. Aus der gemessenen bzw. geschätzten Position leiten sich direkt die Steuersignale zum Aktivieren der Druckkopf-Düsen oder zur Generierung der Schreibströme beim Magnetkodiervorgang ab, so dass die Genauigkeit der Positionsschätzung direkt die Güte des Bearbeitungsvorgangs maßgeblich mitbestimmt. Da die unmittelbare Positionsbestimmung, z.B. durch spezielle optische Sensorik aus Kostengründen bis heute nur in Einzelfällen möglich ist, wird in der Regel die Position mittelbar aus geometrischen Parametern und einer gemessenen Geschwindigkeit des Antriebssystems geschätzt. Die mögliche Genauigkeit der Schätzung unterliegt bei dieser Vorgehensweise Einschränkungen, z.B. wenn das Transportmedium elastisch bzw. das Substrat selbst nicht steif ist oder insbesondere dann,



wenn Schlupf zwischen Transportmedium und Substrat auftritt. Die dabei entstehenden Effekte sind äußerst komplex und wegen ihrer vom systemdynamischen Standpunkt chaotischen Natur äußerst schwierig vorhersagbar. Hierdurch begründet unterliegt der heutzutage erzielbare Produktdurchsatz Beschränkungen, und es ergibt sich der Wunsch, durch eine unmittelbare, hochgenaue Positionsmessung diese Limitierungen zu überwinden. Das Projekt zielt darauf ab, zur Lösung der beschriebenen Problematik kommerziell verfügbare, sehr preiswerte optische Sensorik zur direkten Positionsbestimmung von lückend und kontinuierlich einlaufenden Substraten sowie eine mögliche Fusion von unmittelbaren und mittelbaren Messdaten zu untersuchen. Das am Projekt beteiligte KMU plant darüber hinaus, mit der Entwicklung eines speziellen optischen Sensors für diesen Aufgabenbereich zu beginnen. Weiter sollen darauf aufbauende Regelungsverfahren zur Positionsregelung der Aktuatoren und zur Erzeugung der Steuersignale entwickelt werden.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: jreuter@htwg-konstanz.de

### ROBUSTE ZUSTANDSSCHÄTZUNG FÜR SCHNELL SCHALTENDE MAGNETAKTUATOREN

Schnell schaltende magnetische Aktuatoren sind z.B. als Ventile, als Sicherheitsmagneten oder Antriebsaggregate in verschiedensten Anwendungen zu finden. Insbesondere im wachsenden Feld der digitalen Hydraulik sind leistungsstarke, extrem schnelle Aktuatoren erforderlich. Stand der Technik ist heute, diese mit relativ einfachen Ansteuerverfahren zu betreiben, was zu Energieverlusten, unerwünschten Geräuschemissionen und einer verminderten Haltbarkeit führt. In diesem Kontext sind innerhalb von Forschungsprojekten an der HTWG Konstanz Untersuchungen durchgeführt und Regelverfahren entwickelt worden, mit deren Hilfe diese unerwünschten Effekte abgeschwächt bzw. eliminiert werden können. Eine Voraussetzung dieser Verfahren ist allerdings die Kenntnis des Systemzustandsvektors, insbesondere die Kenntnis der Systemzustände Stößel-, bzw. Ankerposition und Geschwindigkeit. Bisher wurden diese Zustände messtechnisch ermittelt. Um den nächsten Schritt hin zu einer Kommerzialisierung zu ermöglichen, ist es aber eine zentrale Forderung, auf Positionssensorik zu verzichten. Das beteiligte KMU EBE GmbH verfügt über patentierte Verfahren, mit denen dies bei nicht zu hohen Anforderungen an die Geschwindigkeit gelöst werden kann. Sie ist damit weltweit eine der ersten Firmen, die robuste, serienreife Lösungen für das gravierende Problem der Positionsschätzung anbieten kann. Bei den in der digitalen Hydraulik, aber auch z.B. bei Einspritz- oder ABS-Ventilen geforderten Schaltzeiten können diese Verfahren heute noch nicht eingesetzt werden. In der Literatur existiert eine Reihe von Vorschlägen, wie das Problem der Zustandsbeobachtung bei magnetischen Aktuatoren gelöst werden könnte. Aus der industriellen Erfahrung des Antragstellers, den Erfahrungen des KMU und eigenen Arbeiten an der HTWG Konstanz geht aber eindeutig hervor, dass Ver-

fahren, mit denen das Problem der Zustandsschätzung bei schnellen Aktuatoren auch außerhalb von Laborbedingungen sensorlos gelöst werden kann, bis heute nicht bekannt sind, sondern weiterhin erheblicher Forschungsbedarf besteht. Daher werden, ausgehend vom Stand der Forschung, neue Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, den Zustand schneller magnetischer Aktuatoren ohne Positionssensoren zu rekonstruieren.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

### SOFT-LANDING-REGELUNG SCHNELL SCHALTENDER AKTUATOREN

Schnell schaltende Aktuatoren, z. B. ausgeführt als hydraulische Ventile mit typischen Schaltzeiten kleiner als 2 Millisekunden, erschließen neue Anwendungen im Bereich der hydraulischen Antriebstechnik. Verwendung finden sie zum Beispiel in digital gesteuerten hydraulischen Konvertern oder in der Turbinentechnik zur Erzeugung geregelter Einspritzverläufe, um Resonanzen zu unterdrücken. Ein weiteres Einsatzfeld schnell schaltender Aktuatoren ist der Automobilbereich, wo für neue Brennverfahren zur Emissionsminderung und Kraftstoffersparnis flexible Ventilöffnungszeiten mit Hilfe nockenwellenlos gesteuerter Einlass- und Auslassventile erforderlich sind. Aus antriebstechnischer Sicht gibt es im Wesentlichen zwei Schwierigkeiten beim Betreiben derartiger Aktuatoren: Die erforderliche, sehr hohe Beschleunigung des Ventilkolbens kann bei elektromagnetischen Aktuatoren nur durch Betreiben des Solenoids mit hohen Spannungen, üblicherweise größer als 100 Volt, und entsprechend hohen Strömen erreicht werden, was mit hohen Impulsen elektrischer Leistung, üblicherweise mehrerer Kilowatt über wenige Millisekunden, verbunden ist. Eine weitere gravierende Schwierigkeit besteht in der Handhabung der hohen erforderlichen Ventilkolbengeschwindigkeit, welche beim Aufprall des Kolbens auf den Ventilsitz eine entsprechend hohe Kraftwirkung ausübt. Dies führt sowohl zu erheblicher Materialbeanspruchung als auch zu erhöhten, teils unakzeptablen Geräuschemissionen. Diese Problematik ist bis heute nicht zufriedenstellend gelöst und eine Reihe von industriellen Anwendern derartiger Aktuatoren, z.B. aus dem Automobil- und Turbinenbereich, können die Potenziale ihrer Produkte mangels verfügbarer kommerzieller Lösungen im Aktuatorenbereich nicht in vollem, ansonsten technisch möglichem Umfang ausschöpfen. Um diesen Problemen zu begegnen, werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt: (1) Die sensorlose Ermittlung der Kolbenposition und Geschwindigkeit soll unter expliziter Ausnutzung des Dual-Spulen-Konzeptes mit Hilfe einer neu zu entwickelnden Beobachterstrategie ermöglicht werden. (2) Für die kontrollierte Bewegung des Stößels soll mit Hilfe des Beobachters eine Trajektorienfolgeregelung entworfen werden, die es ermöglicht, insbesondere die Aufprallgeschwindigkeit des Kolbens signifikant zu vermindern.

**Prof. Dr. Johannes Reuter**

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: [jreuter@htwg-konstanz.de](mailto:jreuter@htwg-konstanz.de)

### BRENNSTOFFZELLENSCHIFF SOLGENIA MIT DREHSTROM-ANTRIEB

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H<sub>2</sub>-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit hundertprozentig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Die Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeugen, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, den Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.

**Prof. Dr. Richard Leiner; Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin**

Tel.: +49 (0)7531 206-244

E-Mail: [leiner@htwg-konstanz.de](mailto:leiner@htwg-konstanz.de)

### HOCHSPANNUNGSPRÜFUNGEN AN SYSTEMEN UND KOMPONENTEN DER ELEKTRISCHEN ENERGIETECHNIK

Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von Durchschlagsspannungen bei Wechselspannung und Blitzstoßspannung sowie der Anwendung zerstörungsfreier Diagnostik.

**Prof. Dr. Gunter Voigt**

Tel.: +49 (0)7531 206-510

E-Mail: [gvoigt@htwg-konstanz.de](mailto:gvoigt@htwg-konstanz.de)

### FAKULTÄT INFORMATIK

#### PROGRESS IN GRAPHICAL MODELING FRAMEWORKS – PROGRAMOF

Kernziel des Projektes ist die Entwicklung eines MDSD-Rahmenwerkes für graphische Editoren innerhalb von Eclipse. Diese Editoren sollen als Ausgangspunkt für die modellgetriebene Softwareentwicklung genutzt werden können. Die graphischen Editoren können dabei individuell für ein spezifisches Branchen- oder Domänenmodell entwickelt werden können und so möglichst präzise auf die Problemdomäne passen. Dafür ist es notwendig, dass die Editoren selbst einfach und schnell zu entwickeln sind ohne große Erfahrung in der Entwicklung graphischer Werkzeuge. Um dies zu ermöglichen werden die graphischen Editoren selbst modellgetrieben entwickelt. In einer Reihe hierfür entwickelter Modelle für die Domäne graphischer Editoren werden diese von den Anwendern beschrieben und dann generiert. Dieser Prozess erfordert keine Programmierkenntnisse, ist leicht zu erlernen



und dauert nur wenige Stunden oder Tage bis zu einem ausgereiften Ergebnis. Das Projekt wird in enger Kooperation mit den Unternehmen und der Universität Bremen durchgeführt.

**Prof. Dr. Marko Boger**

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

#### BILDERKENNUNG, AUTOMATION UND KOMMUNIKATION

Das Forschungsziel des Labors ist die weitgehende Automatisierung des Designprozesses für künstliche Sehsysteme. Neben den offensichtlichen Vorteilen eines automatisierten Designprozesses liefert dieser Ansatz auch die Grundlagen für den Bau von adaptiven Sehsystemen, die sich an wechselnde Eigenschaften des visuellen Inputs anpassen können (z.B. bei wechselnden Wetter- und Sichtbedingungen). Dementsprechend befasst sich das Projekt mit dem Aufbau einer Infrastruktur für rechenintensive Aufgabenstellungen, insbesondere im Bereich maschinelles Lernen und Bildverarbeitung, und eines Labors zur Vermessung und Kalibrierung von Bildsensoren. Die geforderte Rechenleistung wird über ein Clustersystem realisiert, das im Endzustand 96 Prozessoren umfassen soll. Damit lassen sich rechenintensive Aufgaben wie z.B. das Training von statistischen Klassifikatoren und die Verarbeitung einer großen Menge von Bildern bearbeiten. Die Laborausstattung umfasst eine gekühlte hochauflösende Messkamera zusammen mit einem elektrisch ansteuerbaren Farbfilter, mit dem sich Oberflächen und Szenen multispektral aufnehmen lassen, und einen Messplatz zur Kalibrierung und Vermessung von Kameras und anderen optischen Systemen. Hinzu kommen Kameras für industrielle Projekte und zur Aufnahme von kalibrierten Bilddatenbanken sowie spezielle kalibrierte Farbmonitore zur Farbinspektion.

**Prof. Dr. Matthias Franz**

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: mfranz@htwg-konstanz.de

#### BERECHNUNGSVERFAHREN MIT VERIFIKATION FÜR FESTIGKEITS- UND STABILITÄTSUNTERSUCHUNGEN VON STABWERKEN

Im Projekt sollen die folgenden Fragestellungen bearbeitet werden:  
 1. Risikostudien an vorhandenen Bauwerken: Bei der nachträglichen Tragwerksuntersuchung von Bauwerken sind Materialparameter und geometrische Werte nur in gewissen Schwankungsbereichen bekannt. Mit Hilfe der Intervallrechnung können diese Bereiche in der Rechnung berücksichtigt werden. Die so erhaltenen Ergebnisintervalle vermitteln dem Ingenieur eine klare Vorstellung von Tragverhalten und den vorhandenen Sicherheitsreserven.  
 2. Qualitätssicherung der numerischen Ergebnisse durch konsequente Erfassung von Rundungs- und Diskretisierungsfehlern bei Anwendung der Finite-Element-Methode: In der Regel geht man davon aus, dass die Rundungsfehler sich nur unwesentlich auf die Ergebnisse der Berechnungen auswirken. Das Gleiche gilt für den Diskretisierungsfehler, mit dem die näherungsweise Darstellung von Steifigkeitsmatrizen von Stäben nach der Theorie II-ter Ordnung behaftet ist. Allerdings können die Rundungsfehler, insbesondere bei schlecht konditionierten linearen Gleichungssystemen, wie sie infolge großer Steifigkeitsunterschiede im System auftreten können, zu signifikanten Fehlern führen. Häufig ist auch bei sehr unterschiedlichen Größenverhältnissen die Wirkung des Diskretisierungsfehlers nicht vernachlässigbar. Mit Hilfe der Intervallrechnung sollen nicht nur die Rundungs-, sondern auch die Diskretisierungsfehler unter Kontrolle gebracht und damit die Berechnungsergebnisse auch wirklich garantiert werden. Letztendlich wird damit das Risiko von Bauschäden oder gar eines Versagens des Tragwerks verringert.

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff**

Tel.: +49 (0)7531 206-627

E-Mail: garloff@htwg-konstanz.de, werkle@htwg-konstanz.de

#### KONVEXE UNTERE SCHRANKENFUNKTIONEN UND IHRE ANWENDUNG IN DER GLOBALEN OPTIMIERUNG

In dem Forschungsvorhaben wurden Verfahren zur Konstruktion von konstanten und affinen unteren Schrankenfunktionen für Polynome in mehreren Variablen entwickelt, die auf der Entwicklung eines Polynoms in Bernstein-Polynome beruhen. Die Verfahren können im Rahmen von branch- and bound-Verfahren zur Lösung von restringierten polynomialen globalen Optimierungsproblemen oder von polynomialen Gleichungssystemen eingesetzt werden. Die erhaltenen Schrankenfunktionen können auch garantiert werden hinsichtlich aller während der Rechnung auftretenden Rundungsfehler und sogar hinsichtlich Ungenauigkeiten in den Polynomkoeffizienten. Für den Abstand des gegebenen Polynoms von der Schrankenfunktion wurden obere Schranken angegeben. Es wurde ein Softwarepaket erstellt, welches in eine Programmbibliothek integriert und so interessierten Nutzern zugänglich ist. Die Ergebnisse wurden in einer Reihe von Arbeiten publiziert und in zahlreichen Vorträgen auf internationalen Tagungen einem größeren Publikum vorgestellt. Die Höhe des Grades der Polynome scheint kein Problem für die Verfahren zu sein; es wurden allerdings in der Literatur auch keine Probleme hohen Grades

**wetter.com**

**WANTED**

## Wir suchen einen Senior iOS Entwickler (m/w)

Die **wetter.com GmbH** mit Sitz in Konstanz betreibt mit **wetter.com** das größte und beliebteste Internet-Wetterportal in Deutschland. Ebenfalls zur Unternehmensgruppe gehört das Deutsche Wetterfernsehen in München, der einzige 24-Stunden-Wetterkanal im deutschen Fernsehen. Die **wetter.com GmbH** ist ein Unternehmen der ProSiebenSat.1 Media AG, München.

Auch bei den mobilen Anwendungen ist **wetter.com** führend. Unsere von Millionen Menschen genutzten Anwendungen für iOS, Android und Windows Phone werden nativ entwickelt, wir arbeiten hierbei nach modernen Methoden und bauen uns eine optimale Infrastruktur für die Entwicklung auf: Ob Unit- oder A/B-Tests, Continuous Integration oder die neusten Frameworks von Apple, all diese spannenden Themen lassen sich bei uns finden.

Da wir uns auf der Suche nach neuen Herausforderungen ständig vorwärts bewegen, brauchen wir an unserem neuen Standort Konstanz Verstärkung!

### Wir bieten:

Eine Vollzeitstelle als Senior iOS Entwickler in Konstanz. Sie arbeiten mit unserem Mobile Team daran, die besten Wetter Apps noch besser zu machen und neue, noch nicht da gewesene Ideen zu entwickeln und umzusetzen. Hierzu zählt die **Konzeption und Entwicklung von Apps**, Sie haben aber auch die Möglichkeit, sich in allen anderen Bereichen von **wetter.com** einzubringen. Arbeiten Sie in einem ruhigen und modernen Büro direkt am Seerhein in Konstanz mit Gleichgesinnten zusammen. Neben spannenden und herausfordernden Aufgaben erwarten Sie flexible Arbeitszeiten und vielfältige Weiterbildungsmöglichkeiten.

### Wir erwarten:

- Ein abgeschlossenes Studium mit IT-Schwerpunkt oder eine vergleichbare Ausbildung
- Sie denken objekt-orientiert und bestehen auf eine saubere App Architektur
- Sie leben in Objective-C, Cocoa Touch und Xcode und das schon seit mehreren Jahren (es wird auch niemand wegen AppCode verurteilt!)
- Performance ist Ihnen wichtig und der Blick in Instruments ist Ihnen in Fleisch und Blut übergegangen
- Unit Tests und Mocking gehören für Sie zur Entwicklung wie Integration Tests
- Core Data, Git, Git Flow, Jenkins und Swift sind für Sie keine Fremdwörter
- Sie schauen gerne über den Tellerrand hinaus und wissen, was eine gute Nutzererfahrung ausmacht

Erkennen Sie sich hier wieder? Dann bewerben Sie sich gleich unter [jobs@wetter.com](mailto:jobs@wetter.com)!

Wir freuen uns, Sie kennen zu lernen und Sie zu einem Termin nach Absprache in Ihrem neuen Job willkommen zu heißen!

gefunden. In den Anwendungen treten sehr häufig dünnbesetzte Polynome auf; für diese lassen sich auch bei großer Anzahl der Variablen noch problemlos konstante untere Schrankenfunktionen angeben. Die Verfahren wurden angewendet zur Parameterschätzung bei Modellen, welche auf Exponentialsummen beruhen. Die dort angewendeten Methoden wurden erweitert zur Einschließung der Lösungen von parametrischen linearen Gleichungssystemen.

**Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff**

Tel.: +49 (0)7531 206-627

E-Mail: [garloff@htwg-konstanz.de](mailto:garloff@htwg-konstanz.de)

### REVERSE ENGINEERING BESTEHENDER SOFTWARE FÜR DIE MODELLGETRIEBENE ENTWICKLUNG

Ziel der modellgetriebenen Software-Entwicklung (Model Driven Software Development, MDSD) ist es, fachliche Aspekte eines Software-Systems nicht direkt zu codieren, sondern mit Hilfe von Modellierungssprachen formal zu beschreiben und daraus lauffähigen Code durch Transformatoren zu generieren. Von der dadurch gewonnenen höheren Abstraktion und Plattformunabhängigkeit verspricht man sich eine höhere Code-Qualität, automatische Konsistenz zwischen Modell und Code sowie eine größere Wiederverwendbarkeit. Derzeit fokussiert man sich im Wesentlichen auf das Forward Engineering, d.h. das Erstellen von neuem Code. Wie bereits existierender Code in einen MDSD-Entwicklungsprozess integriert werden kann, wird kaum betrachtet. Für die industrielle Akzeptanz einer neuen Technologie sind jedoch die Integration bestehender Systeme und das Aufweisen „sanfter Migrationspfade“ wesentliche Grundvoraussetzungen. In diesem Projekt soll deshalb ein Vorgehen erarbeitet werden, bei dem der bestehende Code in einem iterativen Prozess in eine MDSD-geeignete Form überführt wird. Ein erster Schritt soll eine saubere Trennung von generierten und manuellen Artefakten erreichen, so dass in weiteren Schritten die manuellen Anteile nach und nach auf die Modellebene gehoben werden können. Um die industrielle Anwendung des Verfahrens im laufenden Prozess zu erlauben, soll in jedem Schritt die Lauffähigkeit des Gesamtsystems erhalten bleiben.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: [haase@htwg-konstanz.de](mailto:haase@htwg-konstanz.de), [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

### SEERHEIN-LAB

Das Seerhein-Lab ist ein Ort für angewandte Forschung in der Informatik. Hier werden Projekte durchgeführt, die einerseits praxisrelevant und andererseits wissenschaftlich interessant sind. Das Seerhein-Lab ist eine Kooperation der Hochschule Konstanz und der Firma SEITENBAU GmbH.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: (0)7531 206-112

E-Mail: [haase@htwg-konstanz.de](mailto:haase@htwg-konstanz.de), [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

### TRANSPARENTE INTEGRATION VON NAT-TRAVERSIERUNGSTECHNIKEN IN JAVA RMI

Java Remote Method Invocation (RMI) ist eine Technologie zum Entwickeln verteilter Anwendungen, die es erlaubt, für die Kommunikation über Prozess- und Rechnergrenzen hinweg das objektorientierte Paradigma des Methodenaufrufs zu verwenden. Java RMI scheitert jedoch immer dann, wenn auf dem Weg zwischen Client (Sender) und Server (Empfänger) eine oder mehrere Network-Address-Translation-Einheiten, kurz NAT-Box, liegen. Für den privaten Endnutzer und zwischen verschiedenen Firmennetzen ist das praktisch immer der Fall. Die Aufgabe einer NAT-Box besteht darin, die innerhalb einer administrativen Domäne gültigen internen Adressen auf von außen sichtbare externe Adressen abzubilden. Das hat zum einen den Hintergrund, dass es nicht genügend IPv4-Adressen gibt, um jedes Endgerät mit einer eigenen externen Adresse auszustatten, und zum anderen Sicherheitsgründe, z. B. weil mit NAT die interne Topologie eines Netzes nach außen hin verborgen werden kann. Java RMI wird deshalb heute fast ausschließlich für Anwendungen verwendet, die nur innerhalb eines einzelnen Firmennetzes verteilt sind, nicht aber für hochverteilte Anwendungen, wie z.B. Peer-To-Peer-Anwendungen für Audio- und Videokonferenzsysteme oder zur verteilten Datenspeicherung und -bereitstellung. Im Bereich der Peer-To-Peer-Anwendungen wurden in jüngerer Zeit Techniken entwickelt, die in der Lage sind, verschiedene Arten von NAT-Boxen zu überwinden. Zu nennen sind hier etwa das UDP- und TCP-Hole-Punching, das Relaying mit Hilfe von TURN-Servern und die Umkehrung des Verbindungsaufbaus. Ziel des beantragten Projekts ist es, eine Kombination aller zur Verfügung stehenden NAT-Traversierungstechniken so in Java RMI einzubauen, dass situationsabhängig die jeweils bestmögliche Konnektivität zwischen Client und Server erreicht wird. Die intelligente Steuerung des Verbindungsaufbaus soll keine Konfiguration durch den Benutzer erfordern. Die zu entwickelnde Erweiterung von Java RMI soll transparent in der Nutzung sein und möglichst keine zentralen Server erfordern. Benötigte Koordinierungsfunktionalität soll nach Möglichkeit mit Hilfe bereits existierender Peer-To-Peer-Infrastrukturen realisiert werden. Ein wichtiger Aspekt, der bei Verteilung über administrative Domänen hinweg berücksichtigt werden muss, ist Sicherheit. Genannt sei hier beispielhaft der Schutz vor unautorisiertem Zugriff, gegen Man-in-the-Middle- und gegen Denial-of-Service-Angriffe. Die erwarteten Projektergebnisse können auch für andere Verteilungstechnologien interessant sein. Es ist deshalb geplant zu untersuchen, ob und gegebenenfalls wie sich die entwickelte Technologie in das Microsoft-Net-Framework, in die Web-Service-Technologie oder eventuell direkt in TCP-Sockets integrieren lässt.

**Prof. Dr. Oliver Haase, Prof. Dr. Jürgen Wäsch**

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: [haase@htwg-konstanz.de](mailto:haase@htwg-konstanz.de), [waesch@htwg-konstanz.de](mailto:waesch@htwg-konstanz.de)

### CLOUD-BASIERTE GESCHÄFTSPROZESSE

Für ein Unternehmen werden Methoden und Werkzeuge für die Einführung und den Betrieb von Cloud-basierten Geschäftsprozessen entwickelt.

**Prof. Dr. Marco Mevius**

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

### ENTWICKLUNG UND EVALUATION VON METHODEN ZUR IDENTIFIZIERUNG, BEWERTUNG UND STEUERUNG VON SCHATTEN-IT

Die meisten Unternehmen verfügen neben der offiziellen und vom IT-Bereich entwickelten und unterhaltenen IT-Infrastruktur noch über eine Vielzahl an Systemen, Prozessen und Mitarbeitern, die in den Fachabteilungen entwickelt, betrieben und gewartet werden beziehungsweise angesiedelt sind. Dies erfolgt in der Regel ohne Wissen und Unterstützung des IT-Bereiches. Die daraus resultierenden, autonom entwickelten Systeme, Prozesse und Organisationseinheiten werden auch als Schatten-IT bezeichnet. Die Schatten-IT Problematik ist kein neues Phänomen in den Unternehmen, jedoch sind Themen wie IT-Service Management, Compliance und Risikomanagement Treiber für die Auseinandersetzung mit dem Thema. Darüber hinaus können die Sozialisation jüngerer Mitarbeiter mit Informationstechnologie und neue Technologien wie Cloud Computing zu einem Wachstum von Schatten-IT führen. Aus dem Vorhandensein von

Schatten-IT ergeben sich für die Unternehmen einige Problemstellungen beispielsweise im Hinblick auf Unternehmensrisiken, aber auch Chancen in der Umsetzung von Innovationen. Jedoch gibt es derzeit keine zusammenhängende und detaillierte Beschreibung des Phänomens selbst oder spezifische Methoden zum Umgang mit Schatten-IT. Diese Lücke soll mit dem beantragten Projekt geschlossen werden. Auf Basis der Ergebnisse dieses Projektes soll es Unternehmen dann möglich sein, ein in sich geschlossenes Methodenset zur Steuerung der Schatten-IT einzusetzen, um so die Risiken zu minimieren und die Effizienz der IT-Leistungserstellung zu sichern. Das Projekt hat dementsprechend zwei Themenschwerpunkte: erstens die Beschreibung und Kausalanalyse der Schatten-IT und zweitens die Entwicklung von Methoden für Unternehmen zur Erhebung, Bewertung sowie Steuerung der Schatten-IT.

**Prof. Dr. Marco Mevius, Prof. Dr. Christopher Rentrop**

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de,  
rentrop@htwg-konstanz.de

### GREEN DESTINATION

Die Internationale Bodenseehochschule fördert die Konzeptentwicklung für das Projekt Green Destination - Nachhaltiges Managementcockpit für Destinationen. Ein nachhaltiges Managementcockpit ist ein intelligentes Software-System, das zum Monitoring und Benchmarking der relevanten Nachhaltigkeitskennzahlen und Indikatoren im touristischen Destinationsmanagement sowie zu deren Kommunikation und Verbreitung dient.

**Prof. Dr. Marco Mevius**

Tel.: (0)7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

### ENTWURF, IMPLEMENTIERUNG UND TEST VON SOFTWARE-KOMPONENTEN FÜR EIN WEBPORTAL

Die kundenbezogene Erfassung und Speicherung des Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauchs in einer zentralen Datenbank erfolgen durch ein Smart Metering-System über das Internet. Über das Smart Metering-Kundenportal können die Kunden dann ihren jeweiligen Verbrauch tageszeitgenau in Form verschiedener Diagramme visualisieren und somit auch den Verbrauch einzelner Geräte erfassen. Zusätzlich können sie sich eine monatliche Verbrauchs- und Kostenübersicht über den Strom-, Gas-, Wasser- und Wärmeverbrauch erstellen lassen. Anhand der archivierten Verbrauchs- und Kostenübersichten bietet das Kundenportal die Möglichkeit, Verbrauchs- und Kostenstatistiken zu erstellen, die dem Kunden Auskunft über seine Verbrauchs- und Kostenentwicklung geben. Darüber hinaus wird vom Kundenportal zwischen Verbrauchern und Erzeugern wie z.B. Photovoltaik-Anlagen, die Strom erzeugen, und BHKWs, die Strom und Wärme erzeugen, unterschieden. Damit erhält der Kunde z.B. auch einen aktuellen Überblick über den von ihm erzeugten und ins Netz des Versorgers eingespeisten Strom bzw. Wärmemenge.





**Prof. Dr. Reinhard Nürnberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-645

E-Mail: [nuernberg@htwg-konstanz.de](mailto:nuernberg@htwg-konstanz.de)

**ENTWICKLUNG VON INSTRUMENTEN UND WERKZEUGEN  
FÜR EIN AGILES UND DEZENTRALES ARCHITEKTUR-  
MANAGEMENT – ADAM**

Das Fundament des Projekts ADAM wird durch drei aktuelle Trends in den Unternehmen und in der anwendungsbezogenen Forschung gebildet: die wachsende Dynamik, die steigende Dezentralisierung der IT sowie die Notwendigkeit eines zielgerichteten Managements der Unternehmensarchitekturen. Die Unternehmen sehen sich schon seit längerer Zeit an ihren Märkten einer wachsenden Dynamik ausgesetzt; dies erfordert agile und flexibel anpassbare Geschäftsprozesse. In den letzten Jahren hat sich zudem eine immer tiefer gehende Durchdringung dieser Prozesse mit Informationstechnologie bemerkbar gemacht. Schließlich ist auch durch die steigende Anzahl der sogenannten Digital Natives eine veränderte Grundhaltung der Benutzer zur IT erkennbar. Diese Trends der umfassenden Durchdringung und der veränderten Haltung zu Technologie führen dazu, dass die benötigten IT-Services kaum noch vollständig zentral durch eine spezialisierte IT-Abteilung zu erbringen sind. Im Hinblick auf das Management der IT ist allgemein anerkannt, dass insbesondere das Management der Unternehmensarchitekturen einen zentralen Erfolgsfaktor für den effizienten und effektiven Einsatz der Informationstechnologie im Unternehmen darstellt. Insgesamt steigt also die Notwendigkeit, ein in den Fachbereichen verankertes und auch dynamisches Management der Unternehmensarchitektur zu schaffen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Projekte „Schatten-IT“ und „BPM@Cloud“ sollen

im Rahmen des hier beantragten Projektes ADAM Instrumente und Werkzeuge für ein agiles und dezentrales Architekturmanagement entwickelt werden. Ziel des Projektes ist es einerseits eine Definition der notwendigen Prozesse und Anforderungen zu erarbeiten und diese andererseits auch in einem konkreten System umzusetzen. Dabei ist das Projekt durch eine konsequente Umsetzung des agilen Ansatzes geprägt. Die Ergebnisse des Projektes sollen dabei laufend und in einer abschließenden Fallstudie überprüft werden.

**Prof. Dr. Christopher Rentrop**

Tel.: +49 (0)7531 206-499

E-Mail: [christopher.rentrop@htwg-konstanz.de](mailto:christopher.rentrop@htwg-konstanz.de)

**LASERUNTERSTÜTZTE CAD-KONSTRUKTION**

Im Auto-, Modell- und Formenbau sowie in der Computergrafik werden CAD-Modelle für den Prototypenbau, für Simulationen oder die spätere Fertigung von Werkstücken und virtuellen Objekten in einem dreistufigen Verfahren konstruiert. Zuerst wird ein physikalisches Modell ohne Funktionalität (z.B. ein Tonmodell) gebaut, mit verschiedensten Digitalisierverfahren in fein aufgelöste 3D-Punkte-Datensätze überführt und anschließend im Wesentlichen von Hand in ein CAD-Modell konvertiert. Dieser Reverse-Engineering-Prozess ist sehr zeit- und kostenintensiv. In den letzten Jahren haben sich zur Digitalisierung Laser-Scanner etabliert, die manuell über das zu digitalisierende Objekt geführt werden und in kürzester Zeit mehrere Millionen 3D-Punkte vermessen können (ca. 20.000/sec). Mit Hilfe geeigneter online Triangulierungsmethoden, die den gemessenen Punktdatenstrom in Echtzeit verarbeiten, kann die Digitalisierung erheblich vereinfacht und verkürzt werden. Ziel des Forschungsprojektes ist es, während des Scanvorgangs nicht nur die Punkt-Daten, sondern auch gleichzeitig die Konvertierung zum CAD-Modell zu erzeugen. Ein solches Verfahren dient zur online-CAD-Konstruktion mit Hilfe eines Laserscanners im Reverse-Engineering, das auch zur Erzeugung von Varianten eingesetzt werden kann. Durch eine solche lasergesteuerte Konstruktion können aufwendige, manuelle Nachkonstruktionen automatisiert und in Echtzeit durchgeführt werden.

**Prof. Dr. Georg Umlauf**

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: [umlauf@htwg-konstanz.de](mailto:umlauf@htwg-konstanz.de)

**FAKULTÄT MASCHINENBAU**

**COMMUNITY OF PRACTICE FOR STRATEGIC MANAGEMENT  
ARCHITECTURES**

Die Community of Practice for Strategic Management Architectures hat zum Ziel, das Verständnis sowie die Methoden und Systeme für dynamisches strategisches Management und Führung substantiell und anwendungsorientiert weiterzuentwickeln. Als geschäfts- und anwendungsorientierte Plattform wird CoPS durch Experten und Organisationen aus Industrie und Wissenschaft finanziell und ak-

tiv unterstützt. CoPS folgt der Zielsetzung, die Forschungsergebnisse in der Community der „strategic manager“ zu verbreiten und so eine aktive Austauschplattform für diese zu werden. Zu diesem Zweck wird die Projektarbeit von CoPS durch die regelmäßige Dialogveranstaltung „Strategic Management Perspectives“ ergänzt.

**Prof. Dr. Guido Baltes**

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: [gbaltes@htwg-konstanz.de](mailto:gbaltes@htwg-konstanz.de)

#### **ENTWICKLUNG EINER MODULAREN METHODIK UND LÖSUNG ZUR IMPLEMENTIERUNG TRANSFORMATIONELLER INNOVATIONSMETHODEN IN TECHNOLOGIEUNTERNEHMEN DURCH EXCUBATION TEILAUTONOMER UNTERNEHMERTEAMS**

Baden-Württemberg ist ein führender Technologiestandort in Europa und geprägt durch hoch spezialisierte Technologieunternehmen, die in ihrem jeweiligen Marktsegment oft weltweit führend sind. Die Dynamik ihrer global vernetzten Technologiemärkte fordert von diesen Technologieunternehmen, bestehende Geschäfte effizient zu optimieren und gleichzeitig transformationelle Innovationen umzusetzen. Nur wenn dieses gelingt, bleibt Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig erhalten. Gelingt dies nicht, kann die Dynamik im Wettbewerbsumfeld schnell existenzgefährdend werden. Unter den größten Technologieunternehmen Baden-Württembergs zeigt Heidelberger Druck beispielhaft diese existenzgefährdende Entwicklung. Andere große Technologieunternehmen in Baden-Württemberg wie SAP oder Bosch dagegen scheinen hier erfolgreicher zu bestehen. Eine Ursache für diese unterschiedliche Fähigkeit zur Anpassung an den dynamischen Innovationswettbewerb („dynamic capabilities“) liegt darin, dass es erfolgreich etablierten Technologieunternehmen mitunter schwer fällt, transformationelle Innovationen („Game-Changing-Business“) erfolgreich im Geschäft umzusetzen. Ziel dieser Forschungsinitiative ist es daher, Technologieunternehmen in Baden-Württemberg in ihrer Wettbewerbsfähigkeit durch ein effektives Konzept für die Implementierung transformationeller Innovationsinitiativen zu stärken. Die angestrebte Lösung baut die Fähigkeiten zur strategischen Anpassung aus, insbesondere Fähigkeiten, parallel zum etablierten, effizienten Geschäft transformationelle Geschäftsfelder zu implementieren (Organisationale Ambidextrie). Dazu wird eine effektive Organisationsstruktur, Exkubation teilautonomer Unternehmer-Teams, vorgeschlagen, die die Effizienz der eingesetzten Ressourcen und das Risiko-Profil in frühen Phasen der Entwicklung transformationeller Innovationsinitiativen verbessert. Damit adressiert diese Forschungsinitiative gezielt Hemmnisse zur Umsetzung organisationaler Ambidextrie in Technologieunternehmen.

**Prof. Dr. Guido Baltes**

Tel.: (0)7531 206-310

E-Mail: [gbaltes@htwg-konstanz.de](mailto:gbaltes@htwg-konstanz.de)

#### **ADAPSEC – INNOVATIVER PERSONENSCHUTZ DURCH ADAPTIVE SICHERHEITSSYSTEME IN KRAFTFAHRZEUGEN**

Das Forschungsprojekt hat das Gesamtziel, das Potenzial für die Anwendung von Formgedächtnislegierungen (FGL) im Bereich des Insassenschutzes auszuloten und technologisch weiterzuentwickeln, um die Anforderung aus der Praxis abdecken zu können. Konkret sollen für die Produktbereiche Sicherheitsgurt und Airbag die Möglichkeiten für den Einsatz von FGL für adaptiv arbeitende Sicherheitssysteme aufgezeigt werden, wobei neben der thermischen Aktivierung von FGL auch der mechanische Formgedächtniseffekt zum Einsatz kommen soll, der beispielsweise durch seine superelastischen Eigenschaften als Dämpfungselement oder zur Kraftbegrenzung eingesetzt werden könnte.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)

#### **ANWENDUNGSORIENTIERTE REIBUNGS- UND VERSCHLEISSANALYSE FÜR GEPLANTE WERKSTOFFSYSTEME IN VERZÄHNUNGEN MITTELS SIMULATIONSPRÜFUNG AUF EINEM ZWEISCHLEIBENTRIBOMETER – AREWESI**

Nach dem aktuellen Stand der Technik werden Zweischiebentribometer (ZST) hauptsächlich für Grundlagenversuche und für entwicklungsbegleitende Versuche (Vergleich von Materialpaarungen, Simulationsprüfung) verwendet. Ziel des Vorhabens ist es, mittels eines neu entwickelten adaptiven Zweischiebentribometers Verschleiß- und Reibungsdaten zur Auslegung von Verzahnungen zu ermitteln und ein Verfahren zum Übertrag der gewonnenen Daten in die Verzahnungsauslegung zu etablieren. Auf der Basis der im geplanten Vorhaben erzielten Ergebnisse sollte es möglich sein, durch die Anpassung der Prüfabläufe auf dem ZST, noch vor der Durchführung von Bauteilversuchen aussagekräftige Daten zum Verschleißverhalten von Zahnflankenkontakten geplanter Getriebe zu erhalten. Somit ist eine ressourcenschonende Optimierung des industriellen Entwicklungsprozesses im Bereich der Zahnradgetriebeentwicklung möglich.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: [guempel@htwg-konstanz.de](mailto:guempel@htwg-konstanz.de)

#### **AREWESI - ANWENDUNGSORIENTIERTE REIBUNGS- UND VERSCHLEISSANALYSE FÜR GEPLANTE WERKSTOFFSYSTEME IN VERZÄHNUNGEN MITTELS SIMULATIONSPRÜFUNG AUF EINEM ZWEISCHLEIBENTRIBOMETER**

Nach dem aktuellen Stand der Technik werden Zweischiebentribometer (ZST) hauptsächlich für Grundlagenversuche und für entwicklungsbegleitende Versuche (Vergleich von Materialpaarungen, Simulationsprüfung) verwendet. Ziel des Vorhabens ist es mittels eines neu entwickelten adaptiven Zweischiebentribometers Verschleiß- und Reibungsdaten zur Auslegung von Verzahnungen zu ermitteln und ein Verfahren zum Übertrag der gewon-

nenen Daten in die Verzahnungsauslegung zu etablieren. Auf der Basis der im geplanten Vorhaben erzielten Ergebnisse, sollte es möglich sein, durch die Anpassung der Prüfabläufe auf dem ZST, noch vor der Durchführung von Bauteilversuchen aussagekräftige Daten zum Verschleißverhalten von Zahnflankenkontakten geplanter Getriebe zu erhalten. Somit ist eine ressourcenschonende Optimierung des industriellen Entwicklungsprozesses im Bereich der Zahnradgetriebeentwicklung möglich.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel, Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz**

**Tel.: (0)7531 206-316/-292**

**E-Mail: manz@htwg-konstanz.de,  
guempel@htwg-konstanz.de**

#### **ENTWICKLUNG EINES NEUEN VERFAHRENS ZUR HERSTELLUNG VON DEKORATIVEN EDELSTAHL OBERFLÄCHEN MIT VERBESSERTER QUALITÄT, REPRODUZIERBARKEIT UND LANGLEBIGKEIT**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Herstellung dekorativer Edelstahloberflächen mit entscheidenden Verbesserungen in den Eigenschaften Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit. Dekorative Edelstahloberflächen mit fein geschliffenem oder auch gebürstetem Finish werden in vielen Anwendungen für Sichtflächen eingesetzt, etwa im Bauwesen bei Fassaden und Fahrstühlen, bei Haushaltsgeräten, verschiedenen Gebrauchsgegenständen und in der Fahrzeugtechnik für Verkleidungen und Zierteile. Dank ihres edlen, metallisch glänzenden Erscheinungsbildes, der praktisch unbegrenzten Langzeitbeständigkeit und weiterer vorteilhafter Eigenschaften haben diese Oberflächen eine sehr weite Verbreitung gefunden und sich seit vielen Jahren bewährt. Entsprechend der großen Bedeutung dieser Oberflächen gibt es von Anwenderseite aber auch zunehmend Anforderungen, die derzeit noch nicht vollständig erfüllt werden und die im Wesentlichen die beiden zuvor genannten Aspekte Konstanz und Reproduzierbarkeit des optischen Erscheinungsbildes sowie Korrosionsbeständigkeit betreffen. Ansatzpunkte für die im Rahmen dieses Projekts vorgesehene Entwicklung von Herstellungsverfahren, die auch diese gesteigerten Anforderungen an dekorative Edelstahloberflächen erfüllen, ergeben sich durch neue Messverfahren und Erkenntnisse zur Charakterisierung von Oberflächen.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

**Tel.: +49 (0)7531 206-316**

**E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de**

#### **ENTWICKLUNG EINES UMWELTFREUNDLICHEN VERFAHRENS ZUM PASSIVIEREN VON EDELSTAHL ZUR VERBESSERUNG DES KORROSIONSSCHUTZES**

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Erhöhung des Korrosionsschutzes von Edelstählen, die z. B. in der Luftfahrtindustrie, der Medizintechnik oder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Das Verfahren soll eine derartige Verbesserung des Korrosionsschutzes bewirken, dass Edelstäh-

le eingesetzt werden können, die zwei bis drei Legierungsstufen unter den beim Stand der Technik eingesetzten Edelstahlsorten liegen. Hieraus ergeben sich erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Des Weiteren sollen aggressive Passivierungslösungen, wie Salpetersäure und/oder chromathaltige Lösungen, durch eine ungiftige und biologisch vollständig abbaubare Passivierungslösung ersetzt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

**Tel.: (0)7531 206-316**

**E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de**

#### **ENTWICKLUNG EINES VERFAHRENS ZUR PULVERMETALLURGISCHEN HERSTELLUNG VON BAUTEILEN AUS 1.4462 – AISI 318LN MIT GROSSEN WANDDICKEN UND HOMOGENEM GEFÜGE**

In dem Forschungsprojekt wird ein neuartiges pulvermetallurgisches Herstellungsverfahren für Strukturbauteile aus Duplexstahl mit großen Wanddicken und gleichzeitig homogenem Gefüge entwickelt. Die Bauteile sollen über das heißisostatische Pressverfahren (HIP) gefertigt werden, wobei die Besonderheit darin besteht, dass keine nachfolgende Wärmebehandlung in einem gesonderten Ofen notwendig ist. Die Wärmebehandlung zur Einstellung des Gefüges der Bauteile soll erstmals in die HIP-Anlage integriert werden, um so eine prozesssicherere Fertigung zu ermöglichen. Mit dem neuen Verfahren wird es möglich sein, hochbeanspruchte Bauteile z. B. für den Offshore-Bereich wirtschaftlich herzustellen. Die Hochschule Konstanz führt im Teilprojekt die Entwicklung von Verfahrensparametern zur Reduktion von Ausscheidungen bei der Fertigung dickwandiger Bauteile mittels heißisostatischen Pressens aus rostfreiem Duplexstahl und Untersuchung von Probekörpern aus.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

**Tel.: (0)7531 206-316**

**E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de**

#### **KORRAGO – KORROSIONSV ERHALTEN VON METALLISCHEN OBERFLÄCHEN BEI ABGASBEANSPRUCHUNG**

Das Projekt beinhaltet die Entwicklung einer geeigneten Prüfmethode für die Bestimmung des Korrosionsverhaltens von metallischen Oberflächen bei einer simulierten Abgasbeanspruchung.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

**Tel.: +49 (0)7531 206-316**

**E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de**

#### **SCHADENSFALLANALYSEN UND WERKSTOFFTECHNIK**

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen erbracht. Daneben werden Problemstellungen der metallverarbeitenden Industrie in Forschungsaufträgen bearbeitet. Speziell für die stahlverarbeitende Industrie kann auf ein breites Erfahrungspotenzial zurückgegriffen



werden. Es können Korrosionsuntersuchungen und Versuche zum tribologischen Verhalten von Werkstoffen durchgeführt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### SYSTEMTECHNISCHE UNTERSUCHUNG VON WERKSTOFFKUNDLICHEN EINFLÜSSEN AUF MAGNETAKTOREN FÜR DIE OPTIMIERUNG DER AKTORLEISTUNG

Ziel des Kooperationsprojektes sind Forschungsarbeiten zum tribologischen Einfluss verschiedener Werkstoffkombinationen mit teilweise gezielt eingebrachten, oberflächigen Veränderungen. Durch die zu erarbeitenden Ergebnisse hinsichtlich der Reibungsmechanismen in Magnetaktoren kann schließlich die Aktorleistung optimiert werden.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### TECHNISCHE UND WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVEN ZU DEN KLASSISCHEN NICHTTROTSTENDEN, AUSTENITISCHEN STÄHLEN UNTER ATMOSPHÄRISCHEN EINSATZBEDINGUNGEN

Das Forschungsziel besteht in der systematischen und vergleichenden Eignungsuntersuchung alternativer Werkstofflegierungen im Bereich der nichtrostenden Stähle. Dabei sollen für verschiedene Anwendungsbereiche geeignete Legierungen gefunden werden, die eine ökonomische Alternative zu den bisher üblicherweise eingesetzten Stahlsorten ermöglichen. Als Orientierung für die verschiedenen Anwendungsbereiche soll u.a. die Definition der Widerstandsklassen der allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassung Z-30.6-3 dienen. Durch die Forschungsarbeiten sollen für die Anwendungsbereiche der Widerstandsklassen II bis IV mögliche Alternativen bereitgestellt werden. Die Widerstandsklasse I bleibt unberücksichtigt, da die dort aufgeführten ferritischen Stähle mit relativ niedrigen Chromgehalten nicht sinnvoll durch Alternativen aus dem Spektrum der nichtrostenden Stähle zu ersetzen sind und die Legierungszuschläge in diesem Bereich mit 200–300 € moderat sind.

**Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel**

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

#### ANLAGEN- UND VERFAHRENTWICKLUNG ZUR SCHONENDEN UND ENERGIEEFFIZIENTEN PRODUKTION GETROCKNETER, BIOLOGISCHER GÜTER

Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung eines innovativen Verfahrens zur Trocknung empfindlicher biologischer Güter. Dieses vor allem für die Herstellung von Trockenfrüchten einsetzbare Verfahren soll im Gegensatz zum Stand der Technik erstmals die Temperatur des Trocknungsgutes als Führungsgröße nutzen und somit so effizient als möglich bei geringstmöglichen Qualitätsveränderungen während des Trocknungsprozesses arbeiten. Dadurch sollen sowohl Nachhaltigkeitseffekte durch die effizientere Energieausnutzung als auch signifikante Qualitätsverbesserungen erzielt werden.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### ENTWICKLUNG EINES DIGITAL, NACH PRODUKTQUALITÄT UND -FEUCHTE GEREGLTEN TROCKNUNGSPROZESSES FÜR AGRARPRODUKTE – INNOBAND

Das Projektziel ist die Bereitstellung einer Technologie zur effizienten und kontinuierlichen Herstellung von Agrarprodukten höchster Qualität, unter Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien zur Regelung und Optimierung des Herstellungsprozesses mittels Bilderkennung und -auswertung, digitaler Regelung und kontinuierlichem Qualitätsmonitoring. Die Technologie soll für verschiedene Produkte nutzbar und auch für kleine Mengen an Trocknungsgütern einsetzbar sein.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### RELOAD VERRINGERUNG VON NACHERNTEVERLUSTEN – WERTSCHÖPFUNG IN OSTAFRIKANISCHEN NAHRUNGSVERSORGUNGS-KETTEN

Ziel des Projektes ist es, durch die Verringerung von Nachernteverlusten zur Ernährungssicherung in Ostafrika beizutragen. Dies wird durch eine optimierte Logistik und Forschung zu technologischen, produktspezifischen und sozioökonomischen Optionen entlang der Wertschöpfungsketten erreicht. Gewonnene Erkenntnisse werden von KMU möglichst nah bei den Produzenten umgesetzt. So können Arbeitsplätze geschaffen und Einkommen generiert werden. Durch Grundlagenuntersuchungen sollen die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die Produktqualität, deren Interaktionen sowie deren Einfluss auf die optimalen Lagerungsbedingungen bestimmt werden. Weiterhin sollen Schädigungsdiagramme, als Hilfsmittel zur optimalen Einstellung der Prozessparameter, erstellt werden. Dazu werden Un-

tersuchungen zum Trocknungsverhalten, zum Lagerverhalten und den dabei ablaufenden, wichtigsten Qualitätsveränderungen durchgeführt. Das Projekt ist ein Kooperationsprojekt unter Federführung der Universität Kassel.

**Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker**

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: hofacker@htwg-konstanz.de

#### ECO CAR KONSTANZ-ECON

ECON ist eine studentische Initiative der Hochschule Konstanz, die das Ziel verfolgt, ein sparsames, ökologisches Fahrzeug mit großem „Spaßfaktor“ zu entwickeln und zu bauen. Dabei kommt es den Teilnehmern ebenso auf den damit verbundenen Lerneffekt wie auf den abschließenden Bau des Fahrzeugs an. Das Fahrzeug hat im Jahr 2011 an der Challenge Bibendum, einem Wettbewerb für nachhaltige Mobilität, teilgenommen.

**Prof. Dr.-Ing. Burkhard Lege**

Tel.: +49 (0)7531 206-309

E-Mail: lege@htwg-konstanz.de

#### BODENSEE-RACING-TEAM: FORMULA-STUDENT-RENNWAGEN

Studenten bauen in Teamarbeit einen einsitzigen Formelrennwagen, um damit bei einem Wettbewerb gegen Teams aus der ganzen Welt anzutreten. Bei der Formula Student gewinnt aber nicht einfach das schnellste Auto, sondern das Team mit dem besten Gesamtpaket aus Konstruktion und Rennperformance, Finanzplanung und Verkaufsargumenten. Der Anspruch der Formula Student ist die Ergänzung des Studiums um intensive Erfahrungen mit Konstruktion und Fertigung sowie mit den wirtschaftlichen Aspekten des Automobilbaus. Im Sinne dieser Zielsetzung sollen die Studenten annehmen, eine Produktionsfirma habe sie engagiert, um einen Prototypen zur Evaluation herzustellen. Zielgruppe ist der nicht-professionelle Wochenendrennfahrer. Dazu muss der Rennwagen beispielsweise sehr gute Fahreigenschaften hinsichtlich Beschleunigung, Bremskraft und Handling aufweisen. Der Monoposto soll wenig kosten, zuverlässig und einfach zu betreiben sein. Zusätzlich wird sein Marktwert durch andere Faktoren wie Ästhetik, Komfort und den Einsatz üblicher Serienteile gesteigert. Die Herausforderung für die Teams besteht darin, einen Prototypen zu konstruieren und zu bauen, der diesen Anforderungen am besten entspricht. Zur Ermittlung des besten Fahrzeugs bewertet zum einen eine Jury aus Experten der Motorsport-, Automobil- und Zulieferindustrie jede Konstruktion, jeden Kostenplan und jede Verkaufspräsentation im Vergleich zu den konkurrierenden Teams. Zum anderen beweisen die Studenten auf der Rennstrecke in verschiedenen Disziplinen, wie sich ihre selbstgebaute Bolide in der Praxis bewähren.

**Prof. Dr. Andreas Lohmberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-0

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### STRÖMUNGSUNTERSUCHUNGEN

Markteinführungsstudie eines Absauggerätes mit verschiedenen Aufstellungsvarianten in realitätsnaher Umgebung. Erstellung eines Berichtes über die Strömungsanalyse bei verschiedenen Aufstellungsarten.

**Prof. Dr. Andreas Lohmberg**

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: lohmborg@htwg-konstanz.de

#### EMISSIONSARMER ELEKTORADLADER

Mobile Radlader sind aktuell durchgängig mit Dieselmotoren und hydraulischen Komponenten ausgestattet. Diese Motoren belasten die Umgebung mit Abgasen und einem hohen Schallpegel. Dieses Antriebsprinzip setzt zudem voraus, dass der Dieselmotor zum Antrieb der Hydraulikkomponenten permanent laufen muss. Das Ziel des Projektes ist es, den Dieselmotor vollständig durch dezentrale energieeffiziente Elektroantriebe zu ersetzen. Die wesentlichen Teile sind dabei vier permanenterregte Synchronmotoren als Radnabenmotoren mit elektrischer Bremse und der Möglichkeit zur Rückgewinnung der Bremsenergie, eine elektromechanische Lenkung und eine elektrisch angetriebene Hydraulikpumpe für das Heben und Senken sowie das Kippen der Schaufel. Mit den elektromotorischen Antrieben sollen eine deutliche Reduzierung der Geräuschemissionen im Vergleich zum Dieselantrieb und die Vermeidung von Abgasemissionen vor Ort erreicht werden.

**Prof. Dr. Uwe Kosiedowski**

Tel.: +49 (0)7531 206-721

E-Mail: ukosiedo@htwg-konstanz.de

#### INNOVATIONSPORTAL ALS STRUKTURBILDENDE MASSNAHME ZUR UNTERSTÜTZUNG VON WISSENSTRANSFER UND INNOVATIONS- VORHABEN DURCH NUTZUNG VON IBH-KOMPETENZFELDERN – INVISTA-WTI

Entwicklung eines Portals für grenzüberschreitenden Wissens- und Technologietransfer auf Basis der IBH-Kompetenzfelder.

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel.: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### SELBSTOPTIMIERENDE TROCKNUNGSANLAGE FÜR GLEICH- MÄSSIGEN FEUCHTEGEHALT VON HYGROSKOPISCHEN KUNST- STOFFEN AM MATERIALAUSTRITT EINES TROCKNUNGSTRICHTERS UNABHÄNGIG VON DER EINTRITTSFEUCHTE

Im Projekt wird eine selbstoptimierende Trocknungsanlage entwickelt, die in einem kontinuierlichen Prozess Kunststoffgranulat trocknet. Diese Trockenanlage für Kunststoffgranulat soll mit einem neuen Verfahren das Trockengut definiert auf einen vorgewählten Trockengrad bringen. In der Praxis hat das zu trocknende Material eine variable Eintrittsfeuchte, und der Materialdurchsatz durch die Trocknung kann sich stark verändern und damit auch die Verweilzeit im Trockenbehälter. Nach dem Start der kontinuierlichen Trocknung mit einem ge-

gebenen Materialdurchsatz in der Trocknung wird über die Messung der aus dem Material ausgetretenen Feuchte der aktuelle Anfangsfeuchtegehalt online ermittelt. Mit der Kenntnis des Entfeuchtungsverhaltens sollen die Trockenparameter, wie dem Feuchtegehalt der Trockenluft, der Temperatur der Trockenluft sowie der Trockenluftmenge so gesteuert werden, dass das Material mit dem geringst möglichen Energieaufwand in den gewünschten Restfeuchtebereich getrocknet wird.

**Prof. Dr. Carsten Manz**

Tel.: +49 (0)7531 206-292

E-Mail: manz@htwg-konstanz.de

#### ENERGIEKETTE BRENNSTOFFZELLE

Eine Energiewandlungskette Photovoltaikanlage – Elektrolyseur – Wasserstoffverdichter, Wasserstoffspeicher – Brennstoffzelle nebst einer Überströmeinrichtung zu einem brennstoffzellengetriebenen Boot wird ausgelegt, installiert und behördlich abgenommen.

**Prof. Dr. Udo Schelling**

Tel.: +49 (0)7531 206-304

E-Mail: schell@htwg-konstanz.de

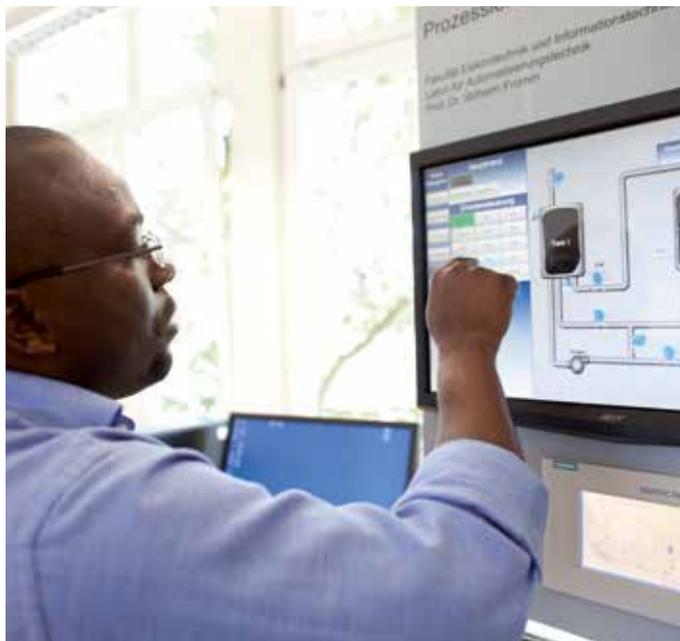
#### RTM CAE/CAX

Das Projekt unter Leitung des Karlsruher Instituts für Technologie KIT befasst sich mit dem Aufbau einer durchgängigen CAE/Cax-Kette für das RTM-Verfahren vor dem Hintergrund der Herstellung von Hochleistungsfaserverbundwerkstoffen.

**Prof. Dr. Philipp Steibler**

Tel.: +49 (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de



#### STABKINEMATIK-LEICHTBAU-ROBOTER FÜR INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

Um bestehende Nachteile von Knickarm- und Parallel-Industrierobotern zu kompensieren, soll ein neues Robotersystem für Applikations- und Manipulationsarbeiten in industrieller Anwendung durch hybride Werkstoffstrukturen bei Stabkinematikbauweise entwickelt werden. Damit kann das Eigengewicht der tragenden Struktur reduziert werden, und neue Freiheitsgrade bei den Bewegungsabläufe können geschaffen werden. Eine dem Fachwerk ähnliche Bauweise soll die eine einfachere Verlegung von Steuer- und Versorgungsleitungen ermöglichen.

Im Rahmen des Entwicklungsvorhabens soll das vorhandene Konzept durch den Einsatz von Faserverbundstrukturen rechnerisch und durch Laborversuche optimiert und durch eine entsprechende Steuerungstechnik für schnelle Bewegungsabläufe ergänzt werden. Anschließend erfolgt die Planung, Fertigung und Inbetriebnahme eines Versuchsmusters, um die Leistungsdaten des Systems durch Versuchsreihen zu erfassen. Verbesserung für einen serienreifen Prototypen können somit erarbeitet und an die Anwendungsfelder möglicher Kunden angepasst werden.

**Prof. Dr. Philipp Steibler**

Tel.: (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de

#### INNOFASER – INNOVATIVE FASERVERBUNDBAUTEILE FÜR NEUE MÄRKTE

InnoFaser steht für die Spitzentechnologie der Innovativen Faserverbundwerkstoffe und bezeichnet die Optimierung der Fertigungstechnologie für faserverstärkte Kunststoffe und deren professioneller Vermarktung. Das Projekt zeigt, dass es dank der engen Zusammenarbeit von Marketing und Produktentwicklung im Leichtbau gelingen kann, neue und attraktive Geschäftsfelder für eine bekannte Technologie zu erschließen. Das Gebiet des Leichtbaus, einer Konstruktionsphilosophie, die maximale Gewichtsersparnis zum Zweck hat, ist sehr modern, denn es liefert einen der Lösungsansätze zum sparsamen Umgang mit den knapper werdenden Ressourcen Werkstoffe und Energie. Ein methodischer Beitrag zum Hightech Marketing schließt eine aktuelle Forschungslücke: Die traditionelle Marktforschung kann die Frage nach neuen, attraktiven Geschäftsfeldern für bekannte Technologien nicht beantworten. Sie kann nicht zeigen, in welchen Märkten welche wirtschaftlich relevanten, latenten Bedürfnisse existieren, die mit der zu vermarktenden Technologie befriedigt werden können. Die Aufgabe lautet, zu einer Technologie die passenden Märkte und Kunden zu finden. Die Gesamtprojektleitung lag bei Prof. Dr.-Ing. Michael Niedermeier, Hochschule Ravensburg Weingarten.

**Prof. Dr.-Ing. Reinhard Winkler**

Tel.: +49 (0)7531 206-754

E-Mail: rwinkler@htwg-konstanz.de



## FAKULTÄT WIRTSCHAFTS- UND SOZIAL- WISSENSCHAFTEN

### WIRTSCHAFTSRECHT-DATENBANKSYSTEM

Im Projekt werden zunächst die wissenschaftlichen und technischen Grundlagen für die Erstellung eines Wirtschaftsrecht-Datenbanksystems ermittelt und darauf basierend die Datenbank selbst erstellt.

**Prof. Dr. Susanne Engelsing**

Tel.: +49 (0)7531 206-746

E-Mail: [susanne.engelsing@htwg-konstanz.de](mailto:susanne.engelsing@htwg-konstanz.de)

### MANAGEMENT, KULTUR UND KOMMUNIKATION IM INTERNATIONALEN WIRTSCHAFTSLEBEN

Grenzüberschreitende Kommunikations- und Kooperationsprozesse in der Wirtschaft sind Gegenstand dieses Projektes. Ziele eines der Teilprojekte sind erstens Erkenntnisse über die Form und insbesondere über die von Beteiligten und Beobachtern wahrgenommenen Schwierigkeiten der Interaktion in der Wirtschaft zu gewinnen; und zweitens rezipierte, teilweise nicht ausreichend kritisch tradierte Einsichten und Ansichten über die Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben kritisch zu überprüfen. Ein weiteres Teilprojekt beschäftigt sich mit den Auswirkungen von grenzüberschreitenden Fusionen auf Kommunikations- und Kooperationsprozesse. Es untersucht die Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Dabei wird eine Vielzahl an Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben. Auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt.

**Prof. Peter Franklin**

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: [franklin@htwg-konstanz.de](mailto:franklin@htwg-konstanz.de)

### ANTI-FRAUD MANAGEMENT IM MITTELSTAND

Das Forschungsprojekt „Anti-Fraud Management im Mittelstand“ fokussiert die Untersuchung der Corporate Governance und besonders der Compliance in mittelständischen und Familienunternehmen. Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Managementmodells zur nachhaltigen Unternehmensführung von mittelständischen Unternehmen, insbesondere zur Risikoreduzierung und Prävention wirt-

schaftskrimineller Handlungen. Um diesem Ziel gerecht zu werden, werden modulare Bausteine der Corporate Governance im Mittelstand entwickelt, die jeweils differente Risikobereiche (Führungsstrukturen, Ressourcen, Internationalisierungsgrad etc.) adressieren und je nach Ausprägungsform des mittelständischen Unternehmens (eigentümergeführt, fremdgeführt etc.) anforderungsgerecht in einem umfassenden Corporate Governance-Modell kombiniert werden. Zwei Aspekte stehen im Vordergrund des Forschungsprojektes, die parallel abgearbeitet werden: Zum einen wird der Verhaltensaspekt der Compliance betrachtet, der die Motivationsstrukturen von Menschen in Organisationen analysiert und untersucht, durch welche Maßnahmen, Anreize und vor allem Führungsstile etc. diese Motivationsstrukturen so beeinflusst werden können, damit compliancegerechtes Verhalten wahrscheinlich ist. Zum anderen wird der Fokus auf die Operationalisierung der Compliance im Unternehmen, auf das sogenannte Anti-Fraud Management, gelegt. Theoretisch abgearbeitet wird der Forschungsgegenstand an den Ansätzen der Agenturtheorie, der neuen Organisationsökonomik, der Governanceethik, der verhaltenspsychologischen und neuroökonomischen Behavioral Business Ethics, Kriminalitätsmodelle wie die Fraud Triangle und die Theorie der differenzierten Assoziation sowie entlang der aus Interviews mit den Kooperationspartnern gewonnenen Erkenntnisse. Das Forschungsprojekt will einen Beitrag zur Gestaltung wirksamer Anti-Fraud Maßnahmen und damit zur Existenzsicherung und zum Risikomanagement mittelständischer und Familienunternehmen leisten.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

### CENTER FOR BUSINESS COMPLIANCE & INTEGRITY

Das im Mai 2013 gegründete Center for Business Compliance & Integrity (CBCI) ist eine privatwirtschaftlich geförderte Forschungs- und Entwicklungskooperation der HTWG Konstanz und COMFORMIS, einem Compliance-Dienstleister für den Mittelstand. Das organisatorisch am Konstanz Institut für Corporate Governance (KICG) angesiedelte CBCI ist auf den Gebieten Corporate Compliance, Business Ethics und Integrity Management tätig. Ziel der Kooperation ist es, Ergebnisse aus der Forschung für praxisrelevante Konzepte und Methoden fruchtbar zu machen.

Im Fokus der Arbeit des Center for Business Compliance & Integrity steht das Thema „Compliance im Mittelstand“, da die Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Anforderungen sowie interner Regeln und Verhaltensstandards auch für mittelständische Un-

ternehmen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Anforderungen an Compliance für typisch mittelständische Unternehmen zu kennen ist somit entscheidend für ein erfolgreiches Compliance Management. Das CBCI ist bestrebt, diese herauszuarbeiten und damit der Frage einer angemessenen und wirksamen Governance-Struktur im Bereich Compliance für mittelständische Unternehmen nachzugehen. Dabei geht es zunächst darum, den Bedarf und die Mindestanforderungen an Compliance im Mittelstand zu beleuchten. Daraufhin soll ein entsprechendes Implementierungs- und Prüfungsmodell entwickelt werden, das die besonderen Herausforderungen, vor denen mittelständische Unternehmen stehen, berücksichtigt. Ziel des CBCI ist es, dabei sowohl wissenschaftliche als auch praxisorientierte Diskurse zu dieser Thematik zu initiieren und angemessene Methoden und Standards in diesem Bereich zu entwickeln.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

**Tel.:** (0)7531 206-251

**E-Mail:** [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

#### **KONSTANZ INSTITUT FÜR CORPORATE GOVERNANCE**

Das „Forum Compliance & Integrity – Anwenderrat für Wertemanagement ZfW“ ist ein freiwilliger Zusammenschluss von Unternehmen und Verbänden, die Anwender und Multiplikatoren des WerteManagementSystem ZfW sind. Es hat sich die Förderung, Weiterentwicklung und Qualitätssicherung des WerteManagementSystem ZfW zum Ziel gesetzt. Durch seine Praxiskompetenz ist der Anwendungsbezug des WerteManagementSystem ZfW gesichert. Zudem bietet das Forum seinen Mitgliedern eine Plattform für kontinuierlichen Erfahrungsaustausch und gegenseitige Beratung. Das KICG übernimmt die Leitung des Koordinationsbüros des Forums und unterstützt die Arbeitsgruppen in ihrer inhaltlichen Arbeit.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

**Tel.:** +49 (0)7531 206-251

**E-Mail:** [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

#### **LEITLINIEN FÜR DAS MANAGEMENT VON ORGANISATIONS- UND AUFSICHTSPFLICHTEN**

Das Forschungsprojekt hat zum Ziel, die Anforderungen zur Erfüllung der wesentlichen Organisationspflichten (Organisations- und Aufsichtspflichten) bei der Leitung und Überwachung von Unternehmen zu identifizieren, die Prinzipien der dazu erforderlichen Management-Maßnahmen zu untersuchen sowie daraus abgeleitete „Leitfäden zur Beurteilung der Organisations- und Aufsichtspflichten“ für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu erstellen. Das Projekt ist dazu geeignet, einen für Forschung und Praxis im Bereich der Unternehmensführung und -aufsicht (Corporate Governance) gleichermaßen wesentlichen Beitrag zur Schließung der Lücke zu leisten, die sich zwischen einer Vielzahl rechtlicher Anforderungen – die notwendigerweise mit Hilfe unbestimmter Rechtsbegriffe formuliert sind (hier v.a. Organisationspflicht, Aufsichtspflicht,

sonstige Sorgfaltspflicht) – und deren faktischen Interpretation und Umsetzung entsprechender Management-Maßnahmen in Unternehmen auftut. Denn häufig sind weder für die Ausgestaltung von sog. Compliance-Management-Systemen noch für einzelne Rechtsgebiete (Korruption, Kartellrecht, Exportkontrolle, Arbeits- und Sozialstandards etc.) konkrete rechtliche Vorgaben vorhanden. Die u.a. von den Projektleitern in den letzten Jahren erarbeiteten generischen Modelle und Rahmenkonzepte haben zu einer ersten Konkretisierung der Anforderungen an Compliance-Management-Systeme beigetragen. Mit dem geplanten betriebswirtschaftlich-juristischen Forschungsprojekt soll aufbauend auf diesen eigenen und fremden Vorarbeiten untersucht werden, welche Risikofelder im Bereich Compliance besonders relevant sind, wie Compliance-Maßnahmen zur Erfüllung von Organisationspflichten (Aufsichts- und Sorgfaltspflichten) in der Praxis umgesetzt werden, um daraufhin Prinzipien und Leitlinien für die Gestaltung von Compliance-Management-Systemen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen zu entwickeln. Hintergrund für diese Vorgehensweise ist, dass auch Staatsanwaltschaften und Gerichte bei einem zu überprüfenden Organisations- und Organverhalten, hier die Verletzung von Organisationspflichten, sich orientieren müssen an solchen Prinzipien und Leitlinien der Umsetzung von Compliance-Maßnahmen bezogen auf die Größe und Komplexität der Organisation. Das Problem für evaluierende Dritte (Richter, aber auch externe Wirtschaftsprüfer, sonstige Gutachter) sowie für Unternehmen selbst ist in diesem Zusammenhang, dass bislang Prinzipien und Leitlinien fehlen, die Orientierung geben, ob die Umsetzung einer Compliance-Maßnahme zum betreffenden Unternehmen passt, damit die Ziele des Compliance-Managements (z.B. Beiträge zur Vermeidung von Verstößen) erreicht werden können (Effektivität der Compliance). Das geplante Forschungsprojekt zielt auf die Realisierung dieses Forschungsdesiderates, damit der Unternehmens- und Rechtspraxis klarere Handlungsorientierungen und Interpretationsleitlinien zu den Anforderungen an Compliance-Maßnahmen (Compliance-Organisation, -Regeln, -Trainings, Hinweismöglichkeiten etc.), unterstützende Strukturen (z.B. Finanzbuchhaltung/Controlling, Interne Revision) und operative Kontrollen (z.B. Segregation of Duties, IT- Berechtigungskonzepte) für Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen gegeben werden können. Eine wesentliche Aufgabe in dem Projekt besteht in der Klassifizierung von unterschiedlichen Compliance-Komplexitätsstufen, in die Unternehmen eingeordnet werden können. Die Komplexitätsstufen werden in Abhängigkeit von Komplexitätsfaktoren gebildet (z.B. Umsatz, Anzahl der Mitarbeiter bzw. Anzahl der vom Compliance-System direkt betroffenen Mitarbeiter, Branche, Geschäftsmodell [z.B. bzgl. Vertriebswegen], Grad der Internationalisierung bzw. Anteil Auslandsgeschäft am Gesamtumsatz, Geschäftstätigkeit in Ländern mit erhöhtem Risiko zur Non-Compliance, generische Risikoexposition hinsichtlich Compliance-Verstößen [z.B. Korruptionsrisiko], Komplexität der Organisationsstruktur, dezentrale Entscheidungsbefugnisse bzw. Möglichkeiten



zentraler Kontrolle, Fehlverhalten/Straftaten in der Vergangenheit). Die Vorgehensweise im geplanten Projekt beinhaltet die folgenden Arbeitsschritte: Risikoorientierte Identifikation von Sorgfaltspflichten durch Befragung von Unternehmen auf der Basis generischer Compliance-Risiken (Auswertung internationaler Literatur, Surveys etc.), Untersuchung der Begriffe Sorgfaltspflicht, Aufsichtspflicht, Organisationspflicht aus ökonomisch-betriebswirtschaftlicher und juristischer Perspektive (Auswertung internationaler Literatur), Entwicklung eines Modells der Compliance-Komplexitätsstufen auf der Basis der o.g. und ggf. weiteren Kriterien, Durchführung von Experteninterviews in ausgewählten Unternehmen zur Aufnahme der Ist-Zustände in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen sowie die Ableitung von Prinzipien, Leitlinien und Handlungsempfehlungen für die Umsetzung von Compliance-Maßnahmen zur Sicherstellung der Erfüllung von Sorgfalts- und Aufsichtspflichten in Unternehmen unterschiedlicher Compliance-Komplexitätsstufen. Alle Arbeitsschritte verfolgen einen interdisziplinären Forschungsansatz, wobei die juristische Expertise durch den Kooperationspartner WilmerHale, namentlich Herrn RAuN Dr. Roland Steinmeyer, sichergestellt ist. Praxisbezug und -transfer der Forschungsergebnisse werden durch die Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern ABB AG, BASF SE, Elma Hans Schmidbauer GmbH & Co KG, Ernst & Young GmbH Wirtschaftsprüfungsgesellschaft, PFISTERER AG, PricewaterhouseCoopers AG Wirtschaftsprüfungsgesellschaft und Wilmer Cutler Pickering Hale and Dorr LLP (WilmerHale) durch Befragungen und vertiefende Expertengespräche im Rahmen der Erhebung der Angemessenheit und Funktionsfähigkeit zur Erfüllung von Organisationspflichten im Compliance-Management und der Möglichkeit des Benchmarking des eigenen Systems mit den identifizierten Anforderungen an die jeweilige Compliance-Komplexitätsstufe sichergestellt.

**Prof. Dr. Stephan Grüninger**

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: [stephan.grueninger@htwg-konstanz.de](mailto:stephan.grueninger@htwg-konstanz.de)

## EVALUIERUNG VON AUSWAHLVERFAHREN FÜR AUSLÄNDISCHE STUDIENBEWERBER

Es wird erhoben, wie die Erfolgsquoten ausländischer Studierender in öffentlich finanzierten Studienplätzen an staatlichen Hochschulen sind und wie die Erfolgsquoten verbessert werden können. In einem ersten Schritt werden die bei den Hochschulen vorhandenen Daten über die Studienerfolge ausländischer Studierender an den Fachhochschulen in Baden-Württemberg erhoben. Anschließend wird eine Datenbank mit den Studienverlaufsdaten ausländischer Studierender der letzten mindestens 10 Jahre angelegt und die Daten werden analysiert. Von Bedeutung sind insbesondere folgende Fragen: Wie ist die Erfolgsquote der in Studienkollegs vorbereiteten Studierenden im Vergleich zu den direkt zugelassenen? Welche Auswahlverfahren sind besonders vorhersagekräftig? Sind spezielle Fachnoten, z.B. in Mathematik, aussagekräftige Indikatoren für den Studienerfolg in bestimmten Fächern? Ein Abschlussbericht fasst die Auswertung zusammen und bewertet alle signifikanten Merkmale. Es werden Vorschläge für eine Optimierung von Studierendenauswahl und Studienvorbereitung unterbreitet. Konkrete Verbesserungen, z.B. durch Überarbeitung von Auswahlverfahren wie dem Aufnahmetest des Studienkollegs, werden veranlasst.

**Prof. Dr. Christian Krekeler**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## INTERKULTURELLES ZENTRUM

An der Hochschule Konstanz wird ein „Interkulturelles Zentrum“ aufgebaut und etabliert, das allen Beteiligten des Hochschulalltags interkulturelle Kompetenz als Basis für effiziente und effektive Integrationsarbeit vermittelt sowie einschlägige Maßnahmen initiiert und koordiniert. Dadurch soll die Internationalisierung der Hochschule wesentlich gefördert werden. Die Maßnahmen des Interkulturellen Zentrums sollen ferner einen Beitrag dazu leisten, dass sich der Studienerfolg ausländischer Studierender erhöht. Es werden Maßnahmen zur Ausbildung/Personalentwicklung durchgeführt und studentische Projekte initiiert. Als übergreifende Maßnahme wird das Zertifikat »Studium International« etabliert, mit dem Studierende etwa Aktivitäten zur Vorbereitung auf eine internationale Berufstätigkeit nachweisen können. Die Ergebnisse des Projekts werden in einer Bilanztaugung vorgestellt.

**Prof. Dr. Christian Krekeler, Prof. Peter Franklin,**

**Prof. Dr. Andrea Steinhilber**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

## SCHREIBBERATUNG FÜR STUDIUM UND BERUF

An der Hochschule Konstanz wird eine Schreibberatung aufgebaut, umgesetzt und evaluiert. Die Hochschule reagiert damit auf Schwierigkeiten, die Studierende mit Schreibanforderungen im Studium haben. Damit wird zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis beigetragen und die Studierenden werden auf die Schreibanforderungen

im Beruf vorbereitet. Die Schreibberatung nimmt folgende Aufgaben wahr: Kurse für Studierende im akademischen und professionellen Schreiben: Semesterkurse und Blockseminare in der vorlesungsfreien Zeit; individuelle Schreibberatung: Beratung bei Referaten, Präsentationen, Seminar- Haus- und Abschlussarbeiten, Beratung für Abschlusskandidaten, Bewerbungsberatung; Beratung für Lehrkräfte und Mitarbeitende: Hilfe bei der Erstellung fachspezifischer, didaktischer Konzepte zur Begleitung des studentischen Schreibprozesses.

**Prof. Dr. Christian Krekeler, Prof. Dr. Volker Friedrich,**

**Prof. Dr. Gabriele Thelen**

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: [krekeler@htwg-konstanz.de](mailto:krekeler@htwg-konstanz.de)

#### OPTIMIERUNG VON TOTAL COST OF OWNERSHIP DIENSTLEISTUNGEN IM MASCHINEN- UND ANLAGENBAU

Produktbegleitende Dienstleistungen werden zukünftig eine weiter steigende Bedeutung für die nachhaltige Entwicklung von Unternehmen haben. Aktuelle Ergebnisse der Dienstleistungsforschung sowie

Experteneinschätzungen aus der Praxis zeigen in diesem Zusammenhang, dass produktlebenszyklusorientierte Dienstleistungen im Maschinen- und Anlagenbau – einer technologieintensiven Schlüsselbranche in Baden-Württemberg – oft nur unzureichend angeboten werden. Diese werden jedoch zunehmend von Abnehmerunternehmen nachgefragt. Hieraus resultiert mittelfristig das Problem einer sich verschlechternden Wettbewerbsfähigkeit der oftmals kleinen und mittelständischen Anbieter-Unternehmen.

Vor dem Hintergrund der skizzierten Ausgangslage sollen im Rahmen des geplanten Transferprojektes aus der aktuellen Dienstleistungsforschung produktlebenszyklusorientierte Serviceleistungen im Sinne des Total Cost of Ownership (TCO) bzw. Life Cycle Cost (LCC) Ansatzes entwickelt und in kleinen und mittelständischen Pilotbetrieben des Maschinen- und Anlagenbaus verankert werden. Die Vorgehensweise soll einen Ergebnistransfer auf andere Unternehmen der betrachteten Branche in Baden-Württemberg ermöglichen und damit eine breite Nutzbarkeit sicherstellen. Aus dem Projekt soll ein unmittelbarer Nutzen für die beteiligten Pilotunternehmen durch die kun-



**GF Piping Systems**

**+GF+**

# All about you

**Innovative Technologien**  
Wir entwickeln, produzieren und vertreiben Rohrleitungssysteme für den sicheren Transport von Flüssigkeiten und Gasen in den Bereichen Haustechnik, Industrie und Versorgung.

Georg Fischer Rohrleitungssysteme AG  
Ebnaststrasse 111, CH-8201 Schaffhausen  
Phone +41 52 631 11 11, [www.gfps.com](http://www.gfps.com)

denorientierte Erweiterung ihres Dienstleistungsangebotes, eine zu erwartende Steigerung des Dienstleistungsumsatzanteils, die nachhaltige Absicherung der Wettbewerbssituation sowie die Erfüllung der zunehmend von Kunden erhobenen Forderung nach LCC/TCO-Angeboten entstehen. Für andere kleine und mittelständische Maschinen-/Anlagenbau-Unternehmen in Baden-Württemberg soll ein Nutzen durch die Möglichkeit der Übernahme der Projektergebnisse auf Basis eines generischen Umsetzungskonzeptes mit Handlungsleitfaden sowie Schulungs-/Workshop- und Transfersystematik entstehen. Die Unternehmen der Kundenbranchen, wie z.B. diejenigen des Automotive-Sektors, haben aufgrund der mit LCC/TCO-Konzepten zu erwartenden Steigerung der eigenen Wettbewerbsfähigkeit einen entsprechenden Nutzen aus dem Projekt. Durch die Wahl der Projektpartner wird eine abgestimmte Verbreitung der Projektergebnisse sowie deren Nutzbarkeit auch nach Projektende sichergestellt.

**Prof. Dr. Stefan Schweiger**

Tel.: +49 (0)7531 206-443

E-Mail: [schweiger@htwg-konstanz.de](mailto:schweiger@htwg-konstanz.de)

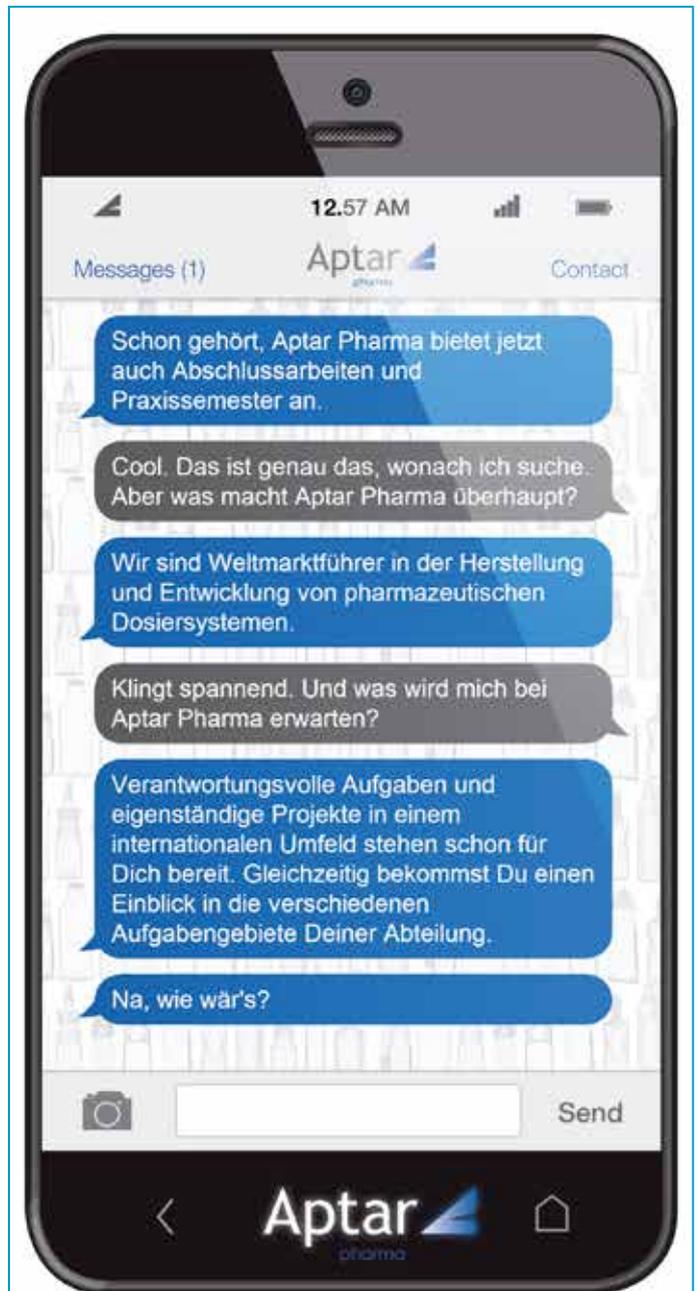
**INBOUND AND OUTBOUND TOURISM IN INDIA**

Im Rahmen des Projektes wurden Strukturen des Indientourismus nach Deutschland/Europa und Deutschland-/Europatourismus nach Indien qua Primär- und Sekundäranalyse untersucht.

**Prof. Dr. Tatjana Thimm**

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: [thimm@htwg-konstanz.de](mailto:thimm@htwg-konstanz.de)



**Erfahre, wie Deine  
Geschichte weiter geht  
unter 07732 801 737 oder  
[aptar.com/corporate/careers](http://aptar.com/corporate/careers)**

Aptar Radolfzell GmbH | Öschlestraße 54-56 | 78315 Radolfzell

**wetter.com**

**WANTED**

## Wir suchen einen Senior Android Entwickler (m/w)

Die **wetter.com GmbH** mit Sitz in Konstanz betreibt mit **wetter.com** das größte und beliebteste Internet-Wetterportal in Deutschland. Ebenfalls zur Unternehmensgruppe gehört das Deutsche Wetterfernsehen in München, der einzige 24-Stunden-Wetterkanal im deutschen Fernsehen. Die **wetter.com GmbH** ist ein Unternehmen der ProSiebenSat.1 Media AG, München.

Auch bei den mobilen Anwendungen ist **wetter.com** führend. Unsere von Millionen Menschen genutzten Anwendungen für Android, iOS und Windows Phone werden nativ entwickelt, wir arbeiten hierbei nach modernen Methoden und haben eine optimale Infrastruktur für die Android Entwicklung: Ob Unit- oder A/B-Tests, Continuous Integration oder die neusten Errungenschaften von Google, all diese spannenden Themen lassen sich bei uns finden.

### Wir bieten:

Eine Vollzeitstelle als Senior Android Entwickler in Konstanz. Sie arbeiten mit unserem Mobile Team daran, die besten Wetter Apps noch besser zu machen und neue, noch nicht da gewesene Ideen zu entwickeln und umzusetzen. Hierzu zählt die **Konzeption und Entwicklung von Apps**. Sie haben aber auch die Möglichkeit, sich in allen anderen Bereichen von **wetter.com** einzubringen und bei der **Wissensvermittlung** im Bereich Android behilflich zu sein.

Arbeiten Sie in einem ruhigen und modernen Büro direkt am Seerhein in Konstanz mit Gleichgesinnten zusammen. Neben spannenden und herausfordernden Aufgaben erwarten Sie flexible Arbeitszeiten und vielfältige Weiterbildungsmöglichkeiten.

### Wir erwarten:

- Ein abgeschlossenes Studium mit IT-Schwerpunkt oder eine vergleichbare Ausbildung
- Sie denken objekt-orientiert und bestehen auf eine saubere App Architektur
- Sie leben in Java, Android Studio, sowie dem Android SDK und das schon seit mehreren Jahren
- Performance ist Ihnen wichtig und die Feinheiten des Garbage Collectors kein Geheimnis
- Unit Tests und Mocking gehören für Sie zur Entwicklung, wie Integration Tests
- Gradle, Maven, Git, Git Flow, Jenkins und Groovy sind für Sie keine Fremdwörter
- Sie schauen gerne über den Tellerrand hinaus und wissen, was eine gute Nutzererfahrung ausmacht

Erkennen Sie sich hier wieder? Dann bewerben Sie sich gleich unter [jobs@wetter.com](mailto:jobs@wetter.com)!

Wir freuen uns, Sie kennen zu lernen und Sie zu einem Termin nach Absprache in Ihrem neuen Job willkommen zu heißen!

# ICH BEI ZF. SOFTWAREENTWICKLER UND RENNFAHRER.

Ich suche schon immer nach neuen Wegen, wie man Dinge verbessern kann. Diese Leidenschaft lebe ich heute voll und ganz aus. Im Job genauso wie privat. Denn egal ob es um neue Ideen geht, wie sich Nutzfahrzeuge in Zukunft noch komfortabler gestalten lassen, oder um Lösungen, die meinen geliebten Renn-Trabi noch besser machen – mein Kopf steht niemals still. Mein Name ist Libor Jelínek und ich bin Softwareentwickler. Mehr über mich, meinen Job und wie viel man bei und mit ZF bewegen kann, gibt es unter [www.ich-bei-zf.com](http://www.ich-bei-zf.com).



MOTION AND MOBILITY



LIBOR JELÍNEK



Softwareentwickler  
ZF Friedrichshafen AG



[twitter.com/zf\\_konzern](https://twitter.com/zf_konzern)  
[facebook.com/zffriedrichshafen](https://facebook.com/zffriedrichshafen)  
[youtube.com/zffriedrichshafenag](https://youtube.com/zffriedrichshafenag)



Scan den Code und erfahre mehr  
über uns und die Arbeit bei ZF:

