

DEZEMBER 2015

NO.1

BAVARIAN
JOURNAL
OF APPLIED SCIENCES®

A white diamond-shaped logo is positioned to the right of the main title text.

www.jas.bayern

BAVARIAN
JOURNAL
OF APPLIED SCIENCES®



BAVARIAN JOURNAL



OF APPLIED SCIENCES®

PUBLISHER

Deggendorf Institute of Technology (DIT)

EDITORIAL BOARD/ADVISORY COUNCIL FOR RESEARCH MATTERS

Prof. Dr. Diane Ahrens (DIT)	diane.ahrens@th-deg.de
Prof. Dr.-Ing. Günther Benstetter (DIT)	guenther.benstetter@th-deg.de
Prof. Dr. rer. nat. Raimund Brotsack (DIT)	raimund.brotsack@th-deg.de
Prof. Dr. Wolfgang Dorner (DIT)	wolfgang.dorner@th-deg.de
Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba (DIT)	andreas.grzemba@th-deg.de
Prof. Dr.-Ing. Jochen Hiller (DIT)	jochen.hiller@th-deg.de
Prof. Dr. habil. Johannes Klühspies (DIT)	johannes.kluehspies@th-deg.de
Prof. Dr.-Ing. Rolf Rascher (DIT)	rolf.rascher@th-deg.de

EDITORIAL OFFICE

Editor-in-Chief: Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzemba (DIT)	andreas.grzemba@th-deg.de
Deputy Editor: Dr. Robert Josef Rossberger (DIT)	robert.rossberger@th-deg.de
Managing Editor: Esther Kinateder (DIT)	esther.kinateder@th-deg.de
Production Editor: Sabrina Rockinger (DIT)	sabrina.rockinger@th-deg.de
Design: Sabrina Rockinger (DIT)	

ISSN: 2366-3952

The Bavarian Journal of Applied Sciences is published annually.

CONTACT US

Bavarian Journal of Applied Sciences
Technische Hochschule Deggendorf
Edlmairstr. 6+8
94469 Deggendorf, Germany
Phone: ++49 (0) 991 3615-0
Fax: ++49 (0) 991 3615-297
E-Mail: journal@jas.bayern.de
Web: www.jas.bayern

Copyright © 2015
Deggendorf Institute of Technology
All rights reserved.

This is an open access journal which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Users are allowed to read, download, copy, distribute, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking for prior permission from the publisher or the author. This is pursuant to the BOAI definition of open access.

INHALT

Vorwort Prof. Dr. Peter Sperber <i>Foreword Prof. Dr. Peter Sperber</i>	6
Vorwort Prof. Dr. Andreas Grzempa <i>Foreword Prof. Dr. Andreas Grzempa</i>	8
Vorwort Dr. Robert Rossberger <i>Foreword Dr. Robert Rossberger</i>	10
R. Zink, L. Ramirez Camargo, W. Dorner Modell zur regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik <i>A model for regional optimization of electricity supply from photovoltaics</i>	14
G. Herde, D. Fischer Performance Measurement of Audit Software Tools <i>Leistungsbeurteilung von Prüfungssoftware</i>	27
Gregor C. Biletzki Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern <i>Legal issues concerning the appointment procedures for professors in Bavaria</i>	40
E. Wühr, H. Kunhardt Kommunale Gesundheitsförderung mit System <i>Community-based health promotion - a systematic approach</i>	50
R. Friedrich, I. Stengel, U. Bleimann, P. Walsh Enhancing Virtual Team Performance via VTMM – A real world case study <i>Verbesserung der Performance von virtuellen Teams mithilfe von VTMM – eine praktische Fallstudie</i>	62
L. Barthuber, P. Firsching Kettenantrieb für optimierte Traktion an mobilen Robotern <i>Drive system for optimized traction on tracked mobile robots</i>	81
C. Merz, G. Kupris Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen durch High-Q-Matching <i>Efficiency Improvement of Energy Harvesting Circuits by High Q Matching</i>	94
Autorenrichtlinien <i>Instructions for authors</i>	105
Zitationsregeln <i>Citation style</i>	110
Leitfaden für Reviewer <i>Guideline for Reviewer</i>	115
Impressum	118

VORWORT



Sehr geehrte Damen und Herren!

Die Technische Hochschule Deggendorf wächst nicht nur hinsichtlich ihrer räumlichen Ausmaße und der Zahl an Studierenden, sondern auch und gerade im Hinblick auf ihre Forschungsaktivitäten. Die Anzahl der von Professoren, Mitarbeitern und Doktoranden der Technischen Hochschule Deggendorf in nationalen und internationalen Top Journals publizierten wissenschaftlichen Beiträge steigt stetig in Qualität und Quantität. Seit kurzen finden Sie eine zentrale Datenbank der an der Technischen Hochschule Deggendorf entstandenen Publikationen unter www.th-deg.de/publikationen.

Im Zuge dieser erstarkenden Forschungsorientierung freut es mich sehr, Ihnen die Erstausgabe des ersten, sozusagen hauseigenen, an der Technischen Hochschule Deggendorf entstandenen wissenschaftlichen Journals, des Bavarian Journal of Applied Sciences, vorstellen zu dürfen.

Wie der Name schon sagt, besteht das Ziel und die Aufgabe nicht nur darin, eine Plattform zu bieten, welche das komplette Forschungsspektrum der Technischen Hochschule Deggendorf abdeckt, sondern es ist angedacht, unser Journal mittelfristig als DAS wissenschaftliche Medium für angewandte Forschung in Bayern zu etablieren. Der Prototyp dieses anspruchsvollen Projekts liegt gerade vor Ihnen.

Der weitere Entwicklungsplan sieht im nächsten Schritt eine Anbindung des Journals an den alljährlich stattfindenden Tag der Forschung statt (inklusive Best Paper Award und Invitation for Publication für die besten Beiträge) und die Öffnung des Journals für Beiträge von anderen Hochschulen. Dabei bestehen Fokus und Anspruch darin, einerseits einem sehr heterogenen Themenfeld eine Plattform zu bieten, dabei aber den Kernfokus der hohen Anwendungs- und Praxisorientierung nicht zu verlieren.

Ich wünsche Ihnen, liebe Leserinnen und Leser, interessante und erkenntnisreiche Einsichten in die Themen der nachfolgenden wissenschaftlichen Beiträge. Wir freuen uns darauf, von Ihnen zitiert zu werden.

Ihr

Prof. Dr. rer. nat. Peter Sperber

Dear Readers,

Deggendorf Institute of Technology is not only expanding in size and in terms of student numbers, but also and especially with regard to research activities. The quantity and quality of scientific contributions, which professors, academic staff and doctoral students at DIT get published in national and international top journals, is steadily increasing. Recently, a comprehensive central publications database has been created where users may retrieve all publications written at DIT (www.th-deg.de/publikationen).

I am more than pleased to present to you the very first issue of the first scientific journal emerging from DIT's ranks, the Bavarian Journal of Applied Sciences. It is yet another cornerstone in DIT's growing orientation towards research.

As its name suggests, the journal's aim and task is not only to serve as a platform covering the whole range of research activities at DIT, but to also establish the journal as THE scientific medium for applied research in Bavaria in the intermediate term. This first issue constitutes the prototype of this ambitious endeavour.

The next steps will be to link the journal to DIT's Research Day, which takes place every year (including a Best Paper Award and an Invitation for Publication for the best contribution), and to invite members of other technical colleges and universities of applied sciences to submit articles for publication. Our target and aspiration is to offer a platform for publication within this very heterogeneous subject area, while at the same time not losing sight of the core focus of being highly oriented towards application and practice.

I wish you, dear readers, interesting and inspiring insights into the wide range of topics covered in this first issue. We are looking forward to being cited by you.

Prof. Dr. Peter Sperber

VORWORT



Die vorliegende Erstausgabe des Bavarian Journal of Applied Sciences deckt einen Großteil der Forschungsaktivitäten der Technischen Hochschule Deggendorf ab. Neben den bereits genannten Zielen besteht ein weiterer Anspruch des Bavarian Journals of Applied Sciences darin, sich mittel- bis langfristig, und vor allem auch nachhaltig in der wissenschaftlichen Welt zu etablieren (Stichwort: Zitierfähigkeit) und darüber hinaus eine Plattform für innovative Forschungs- und Denkansätze, teilweise auch abseits des „mainstream research“ zu bieten. Dies spiegelt sich unter anderem darin wider, dass unser Journal sowohl einen Peer-reviewten als auch einen nicht peer-reviewten Bereich hat. Die vorliegende Erstausgabe bietet neben wissenschaftlichen Originalarbeiten mit und ohne Peer Review auch eine Kategorie für Reprints, also Nachdrucke wissenschaftlicher Arbeiten von Mitarbeitern der Technischen Hochschule Deggendorf, die bereits in anderen Journals erschienen sind. In Zukunft sind weitere Kategorien, wie z.B. Poster und Buchvorstellungen, denkbar.

Ein so ehrgeiziges Projekt wie die Gründung eines wissenschaftlichen Journals lässt sich schwerlich von heute auf morgen realisieren, und wir stehen noch am Anfang eines langfristigen Prozesses. So werden die im Bavarian Journal of Applied Sciences veröffentlichten Beiträge online auf der Website des Journals (www.jas.bayern) abrufbar sein und in den wichtigsten akademischen Datenbanken indiziert werden (z.B. EconBiz, EBSCO, CrossRef, ProQuest, ScienceDirect usw.), um die nationale und internationale Sichtbarkeit unserer Wissenschaftler, ihrer Forschung und der Technischen Hochschule Deggendorf zu erhöhen. Die Weichen dazu wurden bereits in der vorliegenden Erstausgabe gestellt: So sind Beiträge in deutscher und englischer Sprache möglich, die Titel der Beiträge und die Abstracts aber immer in beiden Sprachen vorhanden. Dasselbe gilt für die Autorenprofile, sowie strukturelle Beiträge wie z.B. Autoren- und Reviewer-Richtlinien. Somit wäre es möglich, dass das Bavarian Journal of Applied Sciences bei guter Pflege zum International Bavarian Journal of Applied Sciences heranreift.

Doch vorerst wünsche ich Ihnen viel Freude bei der Lektüre der vorliegenden Erstausgabe,

Ihr

Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzempa

Dear Readers,

This first issue of the Bavarian Journal of Applied Sciences covers a large part of the research activities at Deggendorf Institute of Technology. Apart from the already mentioned aims of this journal, a further goal is to become well and firmly established in the scientific world in the intermediate to long-range future. Citeability is the buzzword! Moreover, we intend to offer a platform for innovative research and thinking, also addressing questions beyond mainstream research. To this end, the journal offers the possibility of opting out of peer review. Besides original research articles with and without peer review, the present first issue also includes a reprint section for scientific contributions which were already published by other journals. In the future, further categories like posters and monographies might be introduced.

Realizing a project as ambitious as launching a scientific journal can hardly be done in just one day. We are only at the beginning of a long-term process. Articles published in the Bavarian Journal of Applied Sciences will be accessible on the journal's website (www.jas.bayern) and will be indexed in the most important academic databases (e.g. EconBiz, EBSCO, CrossRef, ProQuest, ScienceDirect etc.) in order to increase the national and international visibility of our institution, our scientists and their research. With the present issue, the strategic groundwork has been laid: Contributions are either in German or English, titles and abstracts, however, will always be bilingual. The same applies to the authors' profiles and to structural contributions like author and reviewer guidelines. Given good maintenance, the Bavarian Journal of Applied Sciences might one day grow up to be an international Bavarian Journal of Applied Sciences.

For now, we wish you a lot of pleasure in reading the first issue.

Prof. Dr. Andreas Grzempa and the Scientific Advisory Board

VORWORT



Liebe Leser!

Auch ich darf Sie anlässlich der Erstausgabe des Bavarian Journal of Applied Sciences begrüßen. In dieser Erstausgabe finden Sie sieben interessante wissenschaftliche Beiträgen mit einem dem Fokus unseres Journals entsprechenden hohen Anwendungsbezug. Darüber hinaus enthält die Erstausgabe des JAS mehrere strukturelle Beiträge mit Relevanz für die nächsten Ausgaben, wie zum Beispiel Autoren- und Reviewer-Richtlinien sowie Informationen zum Journal-spezifischen Zitierstil.

Im 1. Beitrag beschreiben Roland Zink, Luis Ramirez Camargo und Wolfgang Dorner ein Modell zu regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik und unterziehen das von ihnen entwickelte Modell dann in einer Ortschaft im Landkreis Cham einen Praxistest.

Georg Herde und Dominik Fischer analysieren im 2. Beitrag die Leistung von Audit-Software in verschiedenen Hard- und Software-Umgebungen. Es wird die sowohl die Planung, Entwicklung als auch die praktische Durchführung eines flexiblen Leistungsmessprojekts beschrieben.

Der 3. Beitrag ist ein Nachdruck des bereits im Jahr 2014 in den *Bayerischen Verwaltungsblättern - Zeitschrift für öffentliches Recht und öffentliche Verwaltung* erschienen Aufsatzes von Gregor Biletzki zu Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern. Gregor Biletzki beleuchtet darin nicht nur verschiedenste Aspekte dieser Verfahren, sondern auch die Rechtsprobleme, die sich daraus für die Hochschulpraxis ergeben.

Im 4. Beitrag befassen sich Erich Wühr und Horst Kunhardt mit dem Forschungsfeld der kommunalen Gesundheitsförderung, und damit verbunden mit dem Anspruch der Umsetzung in die Praxis im Sinne einer koordinierten und systematischen Gesundheitsförderung als nachhaltig angelegten Standortfaktor zur Verbesserung der Lebensbedingungen und der Lebensqualität.

Ralf Friedrich, Ingo Stengel, Udo Bleimann und Paul Walsh untersuchen im 5. Beitrag im Rahmen einer Fallstudie aus der betrieblichen Praxis Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit virtueller Teams zu erhöhen und leiten die wichtigsten Erkenntnisse für virtuelle Teamarbeit ab.

Im 6. Beitrag behandeln Ludwig Barthuber und Peter Firsching die optimierte Traktion von Kettenantrieben für mobile Roboter und die Anwendung dieser in der Robotik-Praxis. Es wird ein Konzept für einen Gleiskettenantrieb

Dear Readers!

On the occasion of the launching of the Bavarian Journal of Applied Sciences I would like to welcome you, dear readers. In this first issue, you will find seven very interesting scientific contributions, which have, in line with the journal's main focus, a high degree of applicability in practice, and exemplify the multifaceted research spectrum at DIT. Furthermore, this first issue contains several structural contributions relevant to the next issues, like author and reviewer guidelines and information on the journal-specific citation style.

In the first article, Roland Zink, Luis Ramirez Camargo and Wolfgang Dorner describe a model for the regional optimization of electricity supply from photovoltaics and report the results of a practice test undertaken in a small rural town in the Cham district of Bavaria.

In the second contribution, Georg Herde and Dominik Fischer analyze the performance of auditing software within different hardware and software environments. They describe the planning, the development and the practical implementation of a flexible performance measuring project.

The third article is a reprint of a contribution by Gregor Biletzki that was originally published in the administrative law journal *Bayerische Verwaltungsblätter – Zeitschrift für öffentliches Recht und öffentliche Verwaltung* in 2014. In his article, Gregor Biletzki addresses legal issues concerning the appointment procedures for professors in Bavaria. Not only does he highlight the various aspects of these procedures, but he also points out legal problems that might arise in the context of higher education policy.

In the fourth article, Erich Wühr and Horst Kunhardt deal with the research area of community-based health promotion and its implementation into practice in the sense of a coordinated and systematic health promotion strategy as a sustainable locational factor for improving quality of life and living conditions.

In the fifth article, Ralf Friedrich, Ingo Stengel, Udo Bleimann and Paul Walsh examine possibilities for enhancing the performance of virtual teams in business practice with the help of a case study. They manage to derive important insights for virtual teamwork.

The sixth contribution by Ludwig Barthuber and Peter Firsching deals with the optimized traction of drive systems for tracked mobile robots and its application in robotics practice. They offer a concept for a tracked drive which better integrates with natural surroundings.

VORWORT

vorgeschlagen, welcher eine bessere Integration in das natürliche Umfeld ermöglicht.

Christian Merz und Gerald Kupris beschäftigen sich im 7. Beitrag mit Energy-Harvesting-Schaltungen. Anhand eines an der Technischen Hochschule Deggendorf entwickelten und getesteten Energy-Harvesting-Systems werden Vor- und Nachteile dieser Technologie getestet und Verbesserungsmöglichkeiten aufgezeigt.

Ich freue mich, Ihnen diesen sowohl thematisch breiten als auch inhaltlich tiefen Überblick über das vielfältige Forschungsspektrum unserer Hochschule vorstellen zu dürfen. Ich möchte mich hiermit bei allen Autoren, Reviewern und Mitarbeitern herzlich bedanken. Im Besonderen gilt mein Dank Frau Esther Kinateder und Frau Sabrina Rockinger ohne deren Unterstützung, und kooperative Zusammenarbeit die Realisierung des Bavarian Journal of Applied Sciences nicht möglich gewesen wäre.

Ihr

Dr. Robert Rossberger

In the seventh and last contribution Christian Merz and Gerald Kupris report on energy harvesting circuits. They assess the advantages and disadvantages of an energy harvesting system, which was developed and tested at Deggendorf Institute of Technology, and point out possibilities for improvement.

I would like to thank all authors, reviewers and co-workers. My special thanks go to Esther Kinatader and Sabrina Rockinger. Without their support, commitment and expertise, this journal would not have been possible.

Dr. Robert J. Rossberger

Modell zur regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik

A model for regional optimization of electricity supply from photovoltaics



Roland Zink
Technische Hochschule Deggendorf
Technologie Campus Freyung

Luis Ramirez Camargo
Technische Hochschule Deggendorf
Technologie Campus Freyung
Universität für Bodenkultur Wien

Wolfgang Dorner
Technische Hochschule Deggendorf
Technologie Campus Freyung

ABSTRACT

Motiviert durch die Transformation des Energiesektors in Richtung dezentraler erneuerbarer Energien präsentiert dieser Beitrag eine innovative Methodik zur qualitativen Verbesserung der Vorhersage von Stromerträgen aus der Photovoltaik, um darauf aufbauend optimale regionale Versorgungsstrukturen modellieren zu können. Die Wetterabhängigkeit der Photovoltaik und die damit einhergehende hohe Variabilität der Erzeugung bereiten gerade bei regionalen Versorgungskonzepten Probleme, die Versorgungssicherheit gewährleisten zu können. Die Lösung wird häufig in der Verwendung von elektrischen Speichern und anderen intelligenten Erzeugern und Verbrauchern gesehen. Das hier vorgestellte Modell zur regionalen Optimierung der Stromversorgung aus Photovoltaik verbessert zum einen die Prognose der Stromerzeugung aus Photovoltaik hinsichtlich sowohl eines räumlichen als auch zeitlichen Aspektes. Zum anderen zeigt das „Spatial Energy Management Model“ einen Weg auf, wie sich der Stromnachfrage angepasste Ausbaustrategien der Photovoltaik ermitteln lassen. Anhand der Ortschaft Löwendorf im Landkreis Cham wird das Modell exemplarisch angewendet und verschiedene Szenarien für ein regionales Energiemanagement entwickelt. Die Ergebnisse zeigen im Vergleich zur gängigen Praxis des Photovoltaikausbaus, vornehmlich orientiert an der Maximierung individueller wirtschaftlicher Rentabilität, deutliche Verbesserungspotenziale. So kann für die Ortschaft Löwendorf durch die Anwendung des Modells bei gleichbleibender technologischer Durchdringungsrate sowohl die Höhe der installierten Photovoltaikleistung (kWp) als auch die notwendige Speicherkapazität (Wh) verringert werden. Die anhand des Modells erzielten Ergebnisse dienen der weiteren wissenschaftlichen Ausarbeitung von

intelligenten Versorgungssystemen wie virtuellen Kraftwerken oder Smart Grids. Gleichzeitig liefert das Modell anwendungsorientiert wichtige Erkenntnisse für Energieversorger, für Kommunen oder die Infrastrukturplanung, um eine nachhaltige dezentrale Energieversorgung erfolgreich umzusetzen.

Motivated by the transformation of the energy sector towards decentralized renewable energies, this paper presents an innovative methodology for improving the quality of the prediction of energy yield from photovoltaics in order to model optimal regional supply structures. The weather dependency of photovoltaics and the concomitant high variability of generation cause problems for supply concepts at a regional scale with regard to ensuring security of supply. The solution is often seen in the use of electrical storage and other smart producers and/or consumers. The model for regional optimization of power from photovoltaics which is presented here first of all improves the forecast of electricity from photovoltaics in terms of a spatial and also a temporal aspect. Secondly, the „Spatial Energy Management Model“ shows a methodology on how to identify expansion strategies of photovoltaics which are adapted to the energy demand. A case study of the village of Löwendorf, located in the district of Cham, exemplifies the application of the model and develops different scenarios for a spatial energy management on a regional scale. The results indicate significant potential for improvement compared to the standard practice of the photovoltaic development, which is mainly oriented to the maximization of individual economic profitability. Thus, the amount of installed photovoltaic power (kWp), as well as the necessary storage capacity (Wh) can be reduced for Löwendorf by applying the model with constant technological penetration. On the one hand, the results achieved with the model serve to further scientific development of intelligent supply systems such as virtual power plants or smart grids. On the other hand, the model provides important application-oriented insights for utilities, municipalities or infrastructure planning in order to successfully implement a sustainable decentralized energy supply.

KEYWORDS

Geoinformation, Photovoltaik, Prognosemodell, Regionales Energiemanagement, UAV

1. Einleitung

Erneuerbare Energien im Allgemeinen und die Photovoltaik im Speziellen reduzieren aufgrund ihres dezentralen Dargebots sowie der Nutzung regenerativer Ressourcen, (geopolitische) Abhängigkeiten von fossilen Energieträgern und verringern CO₂-Emissionen. Die Transformation des Energiesystems hin zu diesen Energieformen ist dabei untrennbar mit einer räumlichen Komponente verknüpft: die Leistungen der Produzenten sinken, wohingegen deren Anzahl extrem ansteigt und Produktionsstandorte über den Raum verstreut entstehen. Alte Versorgungsstrukturen werden gebrochen und durch neue Energielandschaften ersetzt. Längst sind Geoinformationssysteme (GIS) im Energiebereich deshalb ein etabliertes Werkzeug und folgerichtig fester Bestandteil bei der Gestaltung der Energiewende [1, 2]. Sie

zeigen z.B. auf, wo sich potenzielle Standorte verschiedener Energieformen befinden [3] oder welche Auswirkungen damit auf die Umwelt und das Landschaftsbild einhergehen [4-7].

Diese rein räumlichen Aspekte müssen bei der Modellierung intelligenter, dezentraler und regionaler Erzeugungssysteme – häufig auch als virtuelle Kraftwerke oder Kombikraftwerke bezeichnet [8] – allerdings um den raumzeitlichen Aspekt ergänzt werden. Gerade die fluktuierenden und wetterabhängigen Technologien der Photovoltaik oder der Windkraft lassen sich nicht einfach der Nachfrage anpassen, weshalb die Information darüber, wann wo wie viel produziert wird, entscheidend ist [9]. Eine detaillierte Beachtung der zeitlichen Dimension in GIS-basierten Energieanalysen auf regionaler und kommunaler

Ebene wird daher notwendig und ist Gegenstand aktueller Forschung [10-12].

Dieser Beitrag präsentiert, aufbauend auf Forschungsergebnissen sowohl zur Datenerhebung als auch zur Anlagenprognose und Optimierung von Versorgungsstrukturen [13-15] einen umfassenden Prozessablauf, der die gängigen Berechnungs- und Prognoseverfahren für die Photovoltaik erweitert, um den Ausbau der Photovoltaik für ein intelligentes Energiemanagement voranzubringen. Die präsentierte Methodik führt zu räumlich wie zeitlich hochaufgelösten Ergebnissen, anhand denen sich nicht nur Aussagen zur Eignung von Standorten, sondern auch zur Priorisierung der Bauvorhaben sowie zur Dimensionierung der Anlage(n) gewinnen lassen. Die Optimierung im entwickelten „Spatial Energie Management Model“ (SEM-Modell) orientiert sich dabei an der jeweiligen Zielsetzung der Versorgung, die von einer möglichst hohen regionalen Eigenversorgung über höchste wirtschaftliche Rentabilität bis hin zur Steigerung der Versorgungssicherheit in Verbundsystemen reichen kann. Folglich hebt sich dieser Ansatz von rein räumlichen Modellen ab und trägt dazu bei, eine definierte Nachfrage raum-zeitlich bestmöglich zu bedienen, um kostspielige Speicherlösungen zu minimieren.

2. Modell

Informationen darüber, wo sich Photovoltaikanlagen installieren und sich wirtschaftlich rentabel betreiben lassen, besitzen beim Umbau des Energiesystems hin zu dezentralen Strukturen eine entscheidende Rolle. Aufgrund ihrer hohen Anschaulichkeit eignen sich kartographische Darstellungen z.B. in Form eines WebGIS in hohem Maße, diese Informationen verständlich, schnell und einem großen Nutzerkreis zugänglich zu machen. Folglich wurden in den vergangenen Jahren zahlreiche Solarpotenzialkarten und

Solarkataster entwickelt bzw. publiziert [16]. Informationssysteme wie etwa der Potenzialatlas Erneuerbare Energien für Baden Württemberg [17] geben detailliert Auskunft über die jährlich zu erwartende Sonneneinstrahlung (kWh/qm), den jährlich prognostizierten Stromertrag (kWh/kWp/a) oder die Wirtschaftlichkeit einer möglichen Anlage. Grundlage dieser WebGIS-Anwendungen sind Digitale Oberflächenmodelle und spezielle GIS-Analysewerkzeuge wie etwa ESRI Solar Analyst [18] oder das GrassGIS-Tool r.sun [19].

Die Qualität der so generierten Daten ist für Gebäudeeigentümer ausreichend, um sich über die eigenen Potenziale der Photovoltaik zu informieren. Für die Integration der Photovoltaik in virtuelle Kraftwerke bedarf es jedoch einer höheren sowohl zeitlichen als auch räumlichen Auflösung. Dieser Sachverhalt ergibt sich aus der wetterabhängigen Stromproduktion von Photovoltaikanlagen und der Intention Virtueller Kraftwerke, diese Schwankungen auszugleichen. Zielsetzung von hochaufgelösten Prognosemodellen ist es deshalb, über die Informationen der Jahresproduktion hinaus, Ertragswerte in fünf oder 15 Minutenintervallen mit einer hohen räumlichen Auflösung der Datengrundlage (z.B. Verschattung) zu generieren. Liegen derartige Daten vor, lassen sich auch Aussagen zur Integration der Anlagen in Virtuelle Kraftwerke oder zur optimalen Versorgung von Kommunen, Städten und Regionen erzeugen. Hierzu wird der gebräuchliche Prozessablauf von Prognosemodellen an drei Stellen erweitert (vgl. Abb. 1): (1) wird ein aktuelles hochaufgelöstes digitales Oberflächenmodell mittels Luftbildfotographie und photogrammetrischer 3D-Rekonstruktion erzeugt. (2) erfolgt die Generierung hochaufgelöster Ertragszeitreihen mittels eines Python-Skriptes in der GrassGIS-Umgebung und (3) die Implementierung des raum-zeitlichen Energiemanagements SEM-Modell ebenfalls in GrassGIS, NumPy und SciPy.

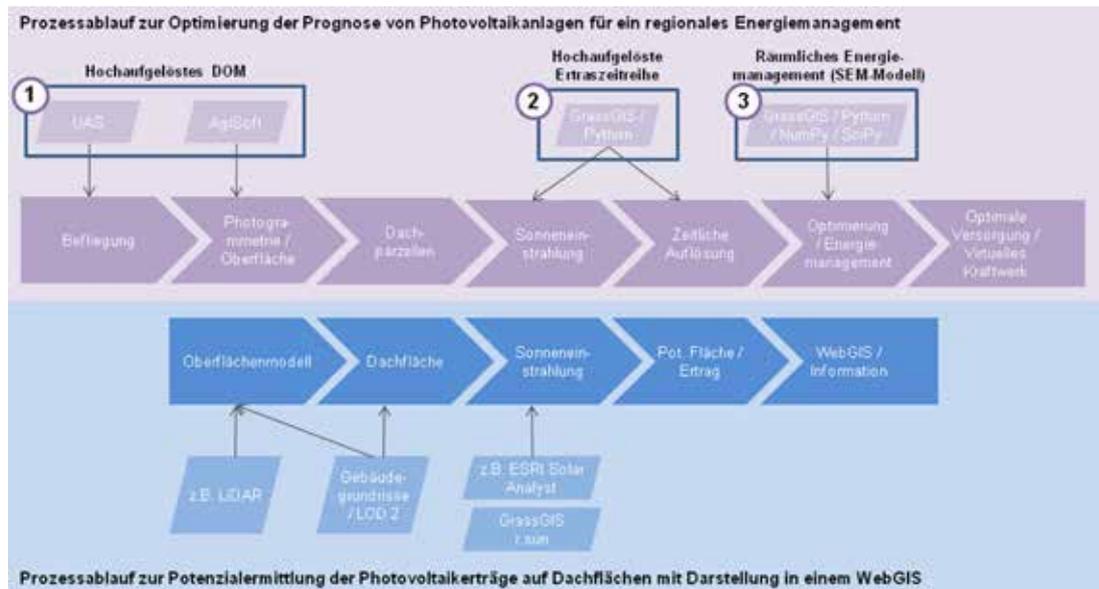


Abb. 1: Verbesserung des Prozessablaufes zur Optimierung der Prognose von Photovoltaikanlagen

2.1 Hochaufgelöstes DOM

Die räumliche Auflösung des DOM wird zu Beginn des Prozesses durch eine eigenständige Oberflächenerfassung mittels UAS-Befliegung (Unmanned Aerial Systems) und photogrammetrischer Aufbereitung gesteigert. Kommerziell verfügbare LiDAR-Daten (Light Detection And Ranging), die häufig als Grundlage verwendet werden [20, 21], besitzen für Bayern eine angegebene Punktdichte von mindestens vier Punkten pro Quadratmeter und eine Rasterauflösung von 1m. Mit einer objektorientierten Befliegung lässt sich dieser Wert auf Bodenaufösungen unter 1cm verbessern [15]. Hierzu werden UAS wie Oktokopter (z.B. Asc. Tec, Falcon 8, <http://www.astec.de/astec-trinity/>) oder Flächenflieger eingesetzt, um aktuelle Luftbilder von den zu analysierenden Gebäuden zu machen. Die Luftbildgrundlage für das DOM0.25 (vgl. Abb. 2) der Ortschaft Löwendorf wurde mit einem UAS in Motorseglerkonfiguration (2,5m Spannweite) und einer 12 MPixel Casio EX Z-16-Kamera (Brennweite 6mm, kleinbildäquivalent 36mm) erfasst. Bei einer variablen Flughöhe von ca. 90m bis 200m über Grund ergibt sich eine Bodenauflösung der Luftbilder von durchschnittlich 0,028m.

Durch die mehrmalige Aufnahme eines Objektes (z.B. Gebäude) aus unterschiedlichen Positionen und Richtungen lässt sich mittels photogrammetrischer Bündelblocktriangulation die Oberfläche anschließend dreidimensional rekonstruieren. Das Bündelblockverfahren,

bei welchem unabhängige Bilder von Beginn an als Gesamtverband trianguliert werden, wird gewählt, da die hohen Skalierungs- und Rotationsunterschiede der Flächenbefliegung die Restriktionen der klassischen Aerotriangulation überschreiten [22]. Die Rekonstruktion des DOM basiert schließlich auf dem Structure for Motion Tool (SfM) der Software AgiSoft PhotoScan, welche hinsichtlich erzeugter Punktdichte und lückenfüllender Punktabdeckung sehr leistungsfähig ist [23].

Mit dem SfM-Tool werden aus den Bildern 3D-Objektgeometrien abgeleitet. Die Bilder können dabei sequentiell aufgenommen sein und dürfen einer Positions- und Orientierungsänderung unterliegen, ohne z. B. die Kamerakalibrierung zu kennen. Die Rekonstruktion folgt einer automatischen Suche identischer Punkte in den Bildern, einer Vororientierung der Bilder sowie einer Bündelblockausgleichung. Zur Identifikation homologer Punkte kommen merkmalsbasierte Zuordnungsverfahren (Feature point detectors) wie der SIFT- oder SURF-Algorithmus zum Einsatz. Eine Vororientierung der Bilder geschieht auf Basis homologer Punkte durch die Bestimmung der relativen Orientierung der Luftaufnahmen zueinander.

Resultat der Bündelblockausgleichung sind die Orientierungsparameter aller Kameras sowie die 3D-Koordinaten der Objektpunkte. Für alle prozessierten Bilder liegen folglich die relativen Orientierungen mit den X,Y,Z-Positionen und

Rotationen um die drei Raumachsen Omega, Phi und Kappa vor. Ausgehend von den einzelnen Kamerapositionen und -rotationen erfolgt für jedes Bild ein Vorwärtsschnitt der Pixel entlang der Geometrie des inneren Kamerasystems. Die Positionierung eines Pixels im Modellraum ist dort, wo sich homologe Strahlenbündel unterschiedlicher Bilder schneiden. Ergebnis ist eine Dichte-Tiefe Punktwolke, deren

Auflösung von Bildqualität, Kamerasystem und Flughöhe abhängt [24, 25]. Aus dieser Dichte-Tiefe Punktwolke lassen sich letztlich DOMs, Dreiecksvermaschungen (TIN) oder Orthobilder ableiten.

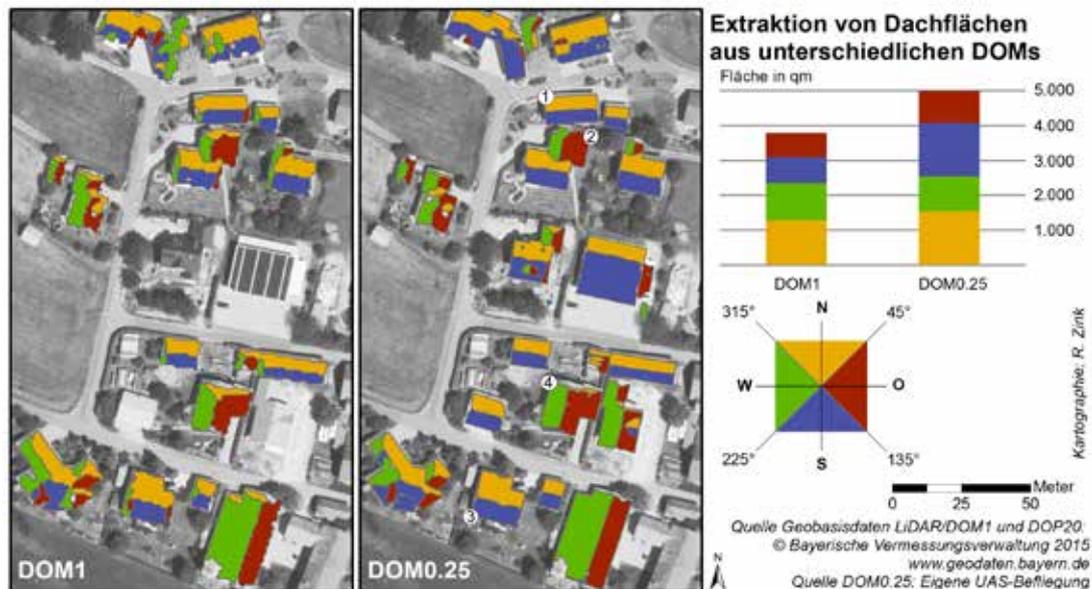


Abb. 2: Extraktion von Dachflächen aus unterschiedlichen Oberflächenmodellen

Unter Beachtung begrenzter Rechenkapazitäten und einer anwendungsbezogenen Vorgehensweise erweist sich eine Oberflächenauflösung von 0,25m als zielführend, damit einerseits das Modell handhabbar bleibt und andererseits für die Photovoltaik notwendige Objekte wie Dachgauben, Schornsteine oder Dachstrukturen adäquat erkenntlich sind. Abbildung 2 zeigt exemplarisch für Gebäude der Ortschaft Löwendorf (Lkr. Cham) einen Vergleich zwischen der potenziell für Photovoltaik als geeignet ermittelten Dachflächen aus LiDAR (DOM1) und aus dem selbsterstellten DOM0.25. Die Auswahl der abgebildeten Dachflächen erfolgt sowohl für das DOM1 als auch für das DOM0.25 mit einer maxlikelihood unüberwachten Klassifizierung in vier Klassen, welche den vier Haupthimmelsrichtungen entsprechen. Zusätzlich wird eine Glättung im Nachbarschaftsbereich von drei Metern durchgeführt. In beiden Karten sind nur Dachflächen visualisiert, deren Größe sechs

Quadratmeter (in etwa ein kWp installierte Photovoltaikleistung) überschreitet. Unterschiede sind vor allem hinsichtlich der Aktualität – drei Gebäude sind im DOM0.25 hinzugekommen – und der Detailschärfe der Dachflächen sowohl bei einfachen als auch komplexen Dachstrukturen zu erkennen. Die höhere räumliche Auflösung des DOM0.25 führt insbesondere zu exakteren Dachkanten. Insgesamt steigt die potenzielle Dachfläche für den Raumausschnitt stark an, was zum Großteil auf die Aktualität des LiDAR-Datensatzes und dem Fehlen der neu errichteten Gebäude zurückzuführen ist (vgl. Abb. 2).

2.2 Generierung hochauflöster Ertragszeitreihen

Die zweite Verbesserung des Modells betrifft die zeitliche Auflösung der Prognose. Aufgrund der Abhängigkeit der Photovoltaik von Sonneneinstrahlung und Wetter ist hier die Integration von Wetterdaten notwendig. Die Generierung hochauflöster Ertragszeitreihen

mit einer Auflösung von 15min Intervallen für ein gesamtes Jahr ist detailliert bei Ramirez Camargo et al. [14] dargelegt und erfordert eine breite Datenbasis.

Berechnungsgrundlage ist zum einen das selbsterstellte digitale Oberflächenmodell DOM0.25. Um aber auch Geländeeffekte abseits des kleinen Gebietes wie etwa Hügel in der Umgebung berücksichtigen zu können, wird dieses Oberflächenmodell zum anderen in das frei verfügbare „Digital Elevation Model over Europe“ (EU-DEM) [26] mit einer Rasterauflösung von 25 Meter eingebunden. Aus dem DOM0.25 werden zusätzlich weitere, für die Einstrahlungsberechnung notwendige Rasterdaten zur Ausrichtung und Neigung der Dachflächen abgeleitet. Auskunft über den benötigten Linke-Trübungsfaktor mit Streu- und Absorptionsbedingungen der Erdatmosphäre gibt die SoDa-Datenbank (SODA 2004). Die Koeffizienten zur direkten und diffusen Strahlung lassen sich schließlich als Faktor zwischen den gemessenen Werten für einen bewölkten Himmel und den berechneten Werten für einen klaren Himmel kalkulieren. Die Berechnung letzterer ist mit Hilfe des Open-Source GRASS GIS-Tools r.sun [19] und den genannten Daten bzw. Parametern möglich. Gemessene Werte liefert der Datensatz zu den Testreferenzjahren (TRY) des Deutschen Wetterdienstes [28]. Der TRY-Datensatz enthält für jede Stunde eines Jahres meteorologische Daten wie etwa die Sonneneinstrahlung und repräsentiert einen mittleren, für das Jahr und die Region typischen Wert.

Um von reinen Einstrahlungswerten zu Stromertragswerten eine Photovoltaikanlage zu kommen, werden anschließend die erzeugten Zeitreihen der Solarstrahlung mit den Zeitreihen der Lufttemperatur zur jeweiligen Wetterregion aus den TRY-Daten unter Beachtung der spezifischen Anlagenparameter (Wirkungsgrade, Module, Wechselrichter, usw.) kombiniert. Die Berechnung liefert

Ertragswerte in Wh je Quadratmeter Modulfläche in 15 Minuten Zeitschritten für das ganze Jahr. Die Berechnung stützt sich dabei auf die von Jakubiec & Reinhart publizierten Formeln [29] (S.133, Gleichungen 2,3 und 4). Multipliziert mit der zur Verfügung stehenden Modulfläche bzw. Dachfläche errechnet sich die Stromerzeugung einer Photovoltaikanlage.

Abbildung 3 visualisiert die modellierten Zeitreihen für ausgewählte Photovoltaikanlagen auf Gebäuden der untersuchten Ortschaft Löwendorf, einmal zur Winter- und einmal zur Sommersonnenwende. Beim Beitrag der jeweiligen Anlage zur Gesamterzeugung aller vier Anlagen im Verbund – in Abbildung 3 mit 100% gleichzusetzen – ist an allen abgebildeten Tagen deutlich die Himmelsausrichtung der Dächer zu erkennen. Zum einen tragen die Ausrichtungen Osten (rot) und Westen (grün) in etwa gegenläufig zur Stromproduktion bei, was insbesondere an den Tagen 21. Dezember und 22. Juni gut zu erkennen ist. Zum anderen gleichen sich Norden (gelb) und Süden (blau) trotz ihrer nahezu identischen Größe ebenfalls aus, indem der Beitrag zu Stromproduktion in der Höhe verschieden ist. Dies ist vor allem in den Wintertagen deutlich zu erkennen, wenn der Verlauf der Sonne niedrig am Horizont bleibt.

Abgesehen von den Zeitpunkten des Produktionsbeginns bzw. dessen Ende, sind es speziell die nach Osten und Westen ausgerichteten Anlagen, die hohe Schwankungen im prozentualen Beitrag zur Stromproduktion aufweisen. So variiert der Beitrag exemplarisch für die westlich orientierte Anlage sowohl am 20. Dezember als auch am 24. Juni zwischen den Extremwerten von etwa 15% bis über 30%. Derartig starke Variationen des Beitrages zur Stromerzeugung im Tagesverlauf sind bei den nach Süden oder Norden ausgerichteten Anlagen nicht zu verzeichnen, wodurch sie tendenziell zu einer konstanteren Stromabgabe beitragen.

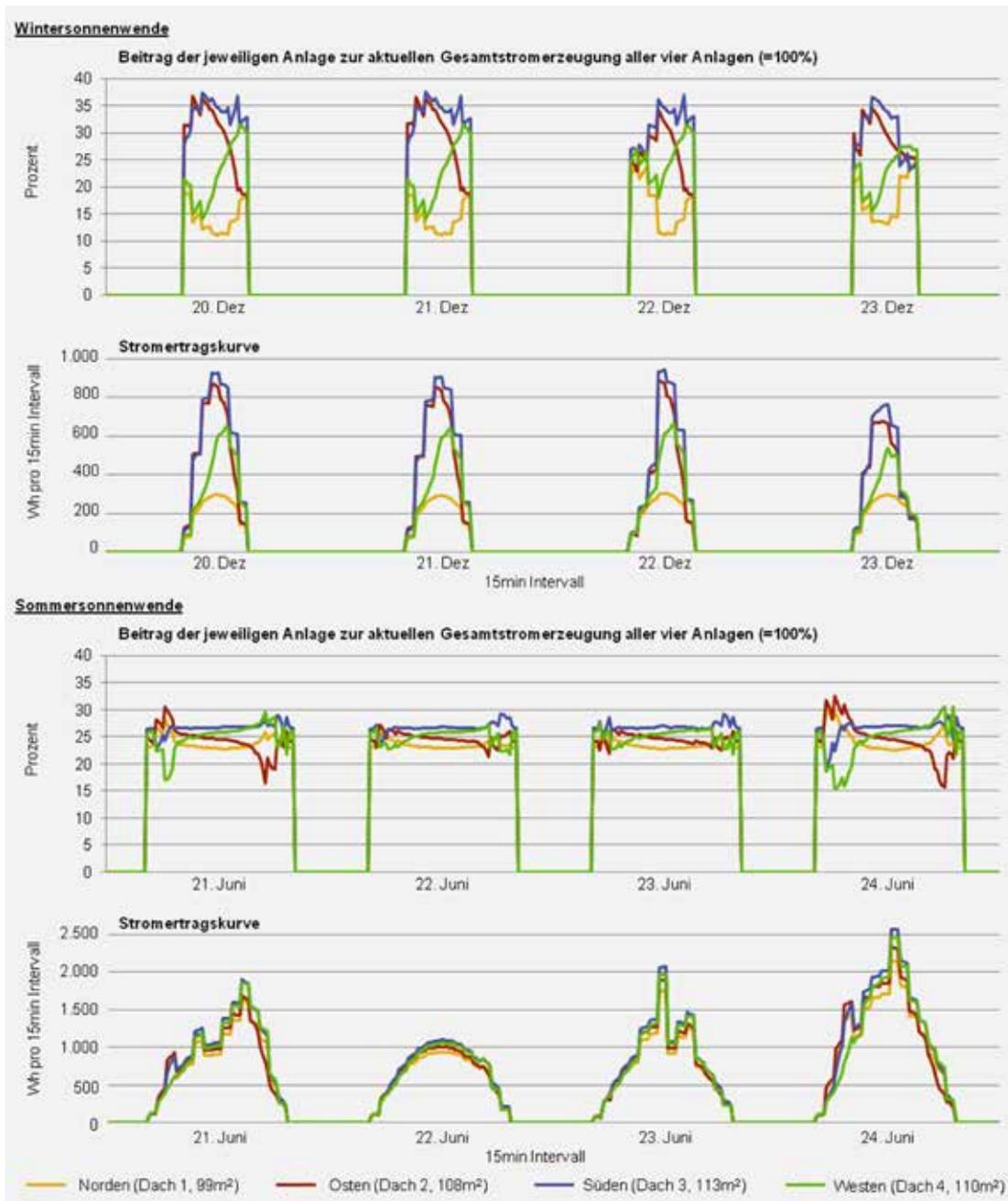


Abb. 3: Prognose des Stromertrags verschieden ausgerichteter PV-Anlagen zur Sonnenwende (Nummerierung der Dächer in Abb. 2)

2.3 Räumliches Energiemanagement: SEM-Modell

Die dritte Erweiterung betrifft die Optimierung des Photovoltaik-Einsatzes hinsichtlich der jeweiligen Nachfragestruktur. Im Beispiel Löwendorf wird nur der Verbrauch innerhalb des dargestellten Gebietes modelliert. Der Stromverbrauch ist dabei auf 4.000 kWh je Haushalt festgelegt und mit dem Standardlastprofil für Haushalte

vom Verband der Elektrizitätswirtschaft (VDEW) – seit 2007 Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft (BDEW) – in 15min Intervallen aufgeteilt. Ziel des räumlichen Energiemanagements im SEM-Modell ist es, Anlagenportfolios zu erörtern, die bestimmte Vorgaben hinsichtlich des Eigenversorgungsgrades erfüllen oder z.B. zur Minimierung von Speicherkapazitäten beitragen. Die Simulation wird mit Python,

NumPy und SciPy durchgeführt. Ergebnisse liegen in tabellarischer Form vor und lassen sich mit Open Source GIS (z.B. GrassGIS oder QGIS) oder auch kommerziellen GIS (z.B. ESRI ArcGIS) visualisieren [13].

Abbildung 4 verdeutlicht die unterschiedlichen Ergebnisse für Löwendorf. Obwohl in dem dargestellten Beispiel jeweils das Ziel einer 50% Versorgung mit Photovoltaik angestrebt wird, unterscheidet sich die Auswahl der jeweils geeigneten Dachflächen. Soll der Verbrauch zu 50% anhand von Photovoltaikanlagen gedeckt werden, die einen maximalen Ertrag erzeugen und somit vermeintlich wirtschaftlich optimiert sind, erfolgt eine Auswahl von zwei südexponierten großen Dachflächen. Dieses Szenario ist in Abbildung 4 als PVmax50 bezeichnet und umfasst die grün eingefärbten Dächer. Wird demgegenüber eine möglichst passende Versorgung bei 50% Photovoltaikanteil angestrebt (PVproper50), fehlen nach Süden orientierte Dachflächen gänzlich, wohingegen die Auswahl nun tendenziell kleinere sowie unterschiedlich ausgerichtete und geneigte Flächen umfasst. Die räumliche Verteilung der Anlagen ist in Abbildung 4 durch die rot markierten Dachflächen ersichtlich. Zudem steigt die Anlagenzahl im Vergleich zu den zwei Anlagen aus Szenario PVmax50 auf sechs an. Sieht man sich die Ergebnisse im Detail an, ergeben sich für den analysierten Raumausschnitt interessante Aspekte hinsichtlich eines regionalen Energiemanagements bzw. hinsichtlich regionaler Versorgungsstrukturen. Das Szenario einer 25% Stromversorgung mittels großer Photovoltaikanlagen (PVmax25) erörtert nur eine einzige Anlage. Folglich produziert diese Anlage, aufgrund des höchsten Ertrages pro qm ausgewählt, mehr als 25% des gesamten jährlichen Verbrauchs aller Gebäude. Gleichzeitig tritt allerdings an 528 15-Minuten Intervallen eine Überproduktion auf, was ca. 20% der tatsächlich in Anspruch genommenen Energiedienstleistung entspricht. Um diese Überversorgung tatsächlich speichern zu können, ist eine Speicherkapazität von ca. zwei kWh je installierter kWp-Photovoltaikleistung erforderlich.

Die Ergebnisse des präsentierten Fallbeispiels der Ortschaft Löwendorf zeigen insbesondere

das Optimierungspotenzial einer regionalen Energieversorgung anhand von Photovoltaik auf. Die bisherige Förderpolitik durch das EEG orientiert sich sehr stark an wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Demzufolge sind Investoren bestrebt, eine geeignete Fläche so gut als möglich auszunutzen, was in vielen Fällen eine maximale Installation von Modulen auf maximaler Dachfläche bedeutet. Die Größe der Anlage spielt dahingehend eine Rolle, dass man den absoluten Energieertrag maximieren möchte, da die Vergütung je geleisteter Energieeinheit (kWh) gezahlt wird. Erst in jüngster Vergangenheit hat die Förderpolitik hier eine Umkehr vollzogen, indem ein gewisser Anteil der erzeugten Strommenge entweder selbst verbraucht oder direkt vermarktet werden muss. Ist dies der Fall, macht es durchaus Sinn, nicht mehr die gesamte zur Verfügung stehende Fläche für Photovoltaik zu nutzen sondern die Anlage dem Verbrauch entsprechend in ihrer Größe zu dimensionieren.

Dieser Aspekt kommt auch bei einer lokalen bzw. regionalen Energieversorgung zum Ausdruck. Das Szenario PVmax spiegelt die alte Förderpolitik wieder, indem für die Energieproduktion optimale, südexponierte große Dachflächen gewählt werden. Der Algorithmus wählt die Dachfläche aufgrund des höchsten Ertrages je Quadratmeter und ermittelt so energieeffizienteste und unter der Annahme gleicher Anlagenparameter damit auch die vermeintlich rentabelste. Das Szenario PVproper hingegen stellt eine optimale Anpassung an die Verbraucherseite dar. Interessant dabei ist, dass in beiden präsentierten Szenarien (25% und 50% Durchdringung) zwar die Anlagenzahl steigt, die installierte Gesamtleistung an Photovoltaik hingegen sinkt, wenn sich die Versorgungsstruktur an der Stromnachfrage orientiert; ersichtlich am Vergleich zwischen PVmax und PVproper. Dies hat zur Folge, dass auch die Speicherkapazitäten und die Überversorgung erheblich sinken (vgl. Abb. 4). Wie das Beispiel Löwendorf zeigt, lassen sich durch eine sinnvolle regionale Energieplanung und ein intelligentes regionales Energiemanagement im Vergleich zu einem rein auf große Anlagen mit hoher wirtschaftlicher Rentabilität ausgelegten Ausbau der Photovoltaik erhebliche Optimierungspotenziale realisieren.

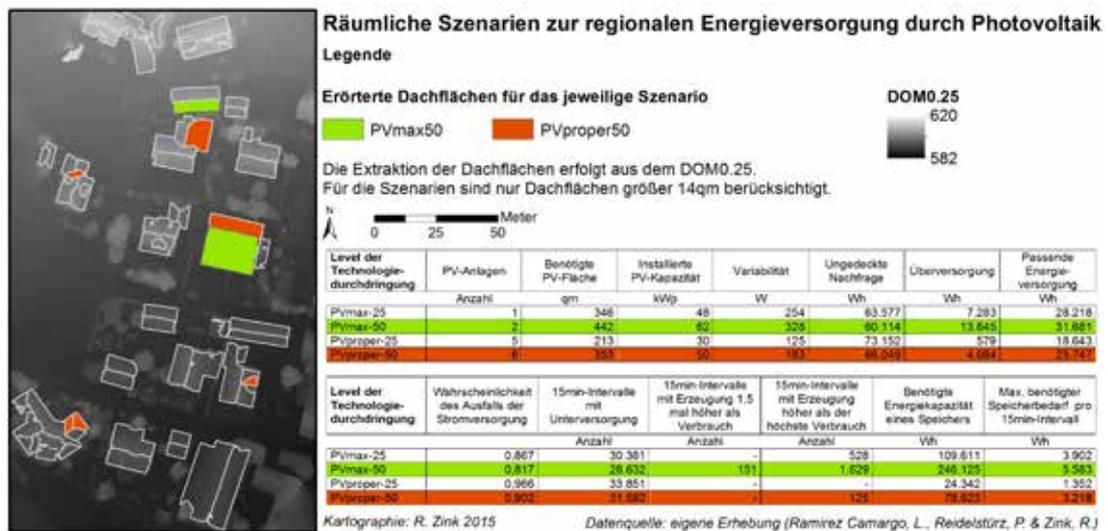


Abb. 4: Räumliche Szenarien

3. Ausblick

Das vorgestellte Modell zur Verbesserung der Prognose von Photovoltaikanlagen generiert gegenüber den herkömmlichen Informationssystemen mit Aussagen zur Jahresproduktion oder der Wirtschaftlichkeit einer Anlage im Ergebnis wesentlich detailreichere Daten. Daher kann es für die konzeptionelle Gestaltung Virtueller Kraftwerke oder/und regional optimal angepasster Versorgungsstrukturen einen signifikanten Beitrag leisten. Dies trifft vor allem auf das räumliche Energiemanagement im SEM-Modell und dessen Optimierungsanalysen zu. Dennoch besteht auch in dieser Methodik noch Forschungsbedarf hinsichtlich der Prozessierung der Datenfülle, der Einbindung von Wetterdaten sowie der Anwendung des Algorithmus des SEM-Modells auf weitere erneuerbare Energietechnologien und unterschiedlichen Speichermedien.

Die Prozessierung der Datenfülle hängt in der Modellierung unmittelbar mit dem betrachteten Raumausschnitt zusammen. Wird, wie im Beispiel der Ortschaft Löwendorf aufgezeigt, ein kleines Gebiet betrachtet, ist sowohl die Datenerfassung mittels UAV als auch die eigenständige Erstellung des Oberflächenmodelles noch handhabbar. Die Methodik soll zukünftig aber auch für den Einsatz in größeren Ortschaften bzw. Gebietsumgriffen weiterentwickelt werden, weshalb die Methodik der Datenerfassung (ggf. mit bemannten Flugsystemen), der Datenaufbereitung (Auflösung des

DOMs) und die Weiterverarbeitung des DOMs im Prognosemodell wesentliche Herausforderungen an die Rechnerkapazität darstellen. Diesbezüglich werden deshalb bereits weitergehende Tests mit verschiedenen Erfassungssystemen und Trägerplattformen durchgeführt, um künftig bei gleichbleibender Detailschärfe großflächigere Gebiete wie ganze Gemeindegebiete oder Städte zu modellieren.

Des Weiteren stellen sich bei der Einbindung der Wetterdaten Fragen hinsichtlich der Definition des typischen Jahres. Ein "typical Meteorological Year (TMY) or a Test Reference Year (TRY) or a Design Reference Year (DRY) has to be constructed to correspond to an "average" year, regarding both the occurrence and the persistence of warm/cold, sunny/overcast and/or dry/wet periods in all months or seasons" [30]. Es besteht keine Garantie, dass die statistisch generierten Datensätze auch tatsächlich die Wetterbedingungen eines Jahres wiedergeben. Die Bildung von Durchschnittswerten kann zudem Extremwetterereignisse glätten, deren Beachtung hinsichtlich einer stabilen Energieversorgung aber notwendig erscheint. Daher ist es ein weiteres Ziel, über die Verwendung von statistischen Wetterdaten hinaus auch auf meteorologische Echtzeitdaten oder auf sehr lange Zeitreihen empirischer Daten (20 oder 25 Jahre) zurückzugreifen, um ein möglichst breites Spektrum an verschiedenen wetterabhängigen Betriebsbedingungen abbilden zu können. Die Herausforderung hierbei besteht vor allem in der Verfügbarkeit und Zugänglichkeit zu entsprechenden Daten bei Analysen auf kleinräumiger kommunaler

und regionaler Ebene.

Das Prognosemodell zeigt, dass sich für die Photovoltaik gute Aussagen treffen lassen. Die Methodik soll daher in einem nächsten Schritt auf weitere Technologien wie die Windkraft [13], Bioenergie, Wasserkraft oder alternative Speichersysteme übertragen werden, um so den Beitrag erneuerbarer Energien an einer sicheren Energieversorgung sukzessive zu steigern. Schließt die Methodik schließlich auch biogene Energieträger mit ein oder umfasst sie solarthermische Anlagen, bedarf es neben dem Strom- auch der Beachtung des Wärmesektors. Interdependenzen entstehen insbesondere bei Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) und aufgrund der Flächenkonkurrenz zwischen Photovoltaik und Solarthermie, die eine einseitige Betrachtung nicht mehr ermöglichen. Aufbauend auf der präsentierten Methodik und den erzielten Ergebnissen lässt sich das Prognosemodell erweitern und zu einem wertvollen Werkzeug für die nachhaltige Gestaltung der Energiewende entwickeln.

4. Literatur

- [1] R. Bill, G. Flach, U. Klammer, and T. Lerche, Eds, GIS schafft Energie: Beiträge der Geoinformationswirtschaft zur Energiewende: Tagungsband zum 8. GeoForum MV ; Warnemünde, 16. und 17. April 2012, Bildungs- und Konferenzzentrum des Technologieparks Warnemünde. Berlin: Gito, 2012.
- [2] M. Klärle, Ed, Erneuerbare Energien unterstützt durch GIS und Landmanagement. Karlsruhe: Wichmann, 2012.
- [3] A. Angelis-Dimakis, M. Biberacher, J. Dominguez, G. Fiorese, S. Gadocha, E. Gnansounou, G. Guariso, A. Kartalidis, L. Panichelli, I. Pinedo, and M. Robba, "Methods and tools to evaluate the availability of renewable energy sources," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 2, pp. 1182–1200, 2011.
- [4] J. Arán Carrión, A. Espín Estrella, F. Aznar Dols, M. Zamorano Toro, M. Rodríguez, and A. Ramos Ridaó, "Environmental decision-support systems for evaluating the carrying capacity of land areas: Optimal site selection for grid-connected photovoltaic power plants," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 12, no. 9, pp. 2358–2380, 2008.
- [5] N. Y. Aydin, E. Kentel, and S. Duzgun, "GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 1, pp. 364–373, 2010.
- [6] J. Molina-Ruiz, M. J. Martínez-Sánchez, C. Pérez-Sirvent, M. L. Tudela-Serrano, and García Lorenzo, M. L., "Developing and applying a GIS-assisted approach to evaluate visual impact in wind farms," *Renewable Energy*, vol. 36, no. 3, pp. 1125–1132, 2011.
- [7] R. Zink, F. Diepold, and R. Pagany, "Bürger diskutieren Standorte – 3D-Visualisierung am Beispiel Windenergie," *gis.BUSINESS - Das Magazin für Geoinformation*, no. 3, pp. 32–35, 2012.
- [8] P. Asmus, "Microgrids, Virtual Power Plants and Our Distributed Energy Future," *The Electricity Journal*, vol. 23, no. 10, pp. 72–82, 2010.
- [9] J. Widén, N. Carpman, V. Castellucci, D. Lingfors, J. Olauson, F. Remouit, M. Bergkvist, M. Grabbe, and R. Waters, "Variability assessment and forecasting of renewables: A review for solar, wind, wave and tidal resources," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 44, no. April, pp. 356–375, 2015.
- [10] S. Hausl, M. Biberacher, and S. Gadocha, "RESRO: A spatio-temporal model to optimise regional energy systems emphasising renewable energies: Artikel 01013," *EPJ Web of Conferences (2nd European Energy Conference)*, vol. 33, 2012.
- [11] P. D. Lund, J. Mikkola, and J. Ypyä, "Smart energy system design for large clean power schemes in urban areas," *Journal of Cleaner Production*, vol. 103, no. September, pp. 437–445, 2014.
- [12] J. Mikkola and P. D. Lund, "Models for generating place and time dependent urban energy demand profiles," *Applied Energy*, vol. 130, no. October, pp. 256–264, 2014.
- [13] L. Ramirez Camargo, R. Zink, and W. Dörner, "Spatiotemporal modeling for assessing complementarity of renewable energy sources in distributed energy systems," *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, no. II-4/W2, pp. 147–154, 2015.
- [14] L. Ramirez Camargo, R. Zink, W. Dörner, and G. Stoecklechner, "Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at a municipal scale," *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 52, no. July, pp. 58–69, 2015.
- [15] R. Zink, L. Ramirez Camargo, P. Reidelstürz, and W. Dörner, "Photogrammetric point clouds for GIS-based high-resolution estimation of solar radiation for roof-top solar systems," in *Surface Models for Geosciences: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, K. Růžicková and T. Inspektor, Eds, [S.l.]: Springer, 2015, pp. 293–305.
- [16] J. Kanters, M. Wall, and E. Kjellsson, "The Solar Map as a Knowledge Base for Solar Energy Use," *Energy Procedia (Proceedings of the 2nd International Conference on Solar Heating and Cooling for Buildings and Industry (SHC 2013))*, vol. 48, pp. 1597–1606, 2014.

- [17] Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW), Potenzialatlas Erneuerbare Energien. Available: <http://rips-app.lubw.baden-wuerttemberg.de/maps/?lang=de&app=potenzialatlas>.
- [18] P. Fu and P. M. Rich, "Design and implementation of the Solar Analyst: an ArcView extension for modeling solar radiation at landscape scales," in Proceedings of the 19th Annual ESRI User Conference, San Diego, CA, USA, 1999.
- [19] J. Hofierka and M. Suri, "The solar radiation model for Open source GIS: implementation and applications," in Proceedings of the Open Source Free Software GIS-GRASS users conference (Trento, Italy), 2002, pp. 1–19.
- [20] D. A. Jacques, J. Gooding, J. J. Giesekam, A. S. Tomlin, and R. Crook, "Methodology for the assessment of PV capacity over a city region using low-resolution LiDAR data and application to the City of Leeds (UK)," *Applied Energy*, vol. 124, no. July, pp. 28–34, 2014.
- [21] N. Lukač, S. Seme, D. Žlaus, G. Štumberger, and B. Žalik, "Buildings roofs photovoltaic potential assessment based on LiDAR (Light Detection And Ranging) data," *Energy*, vol. 66, no. March, pp. 598–609, 2014.
- [22] R. Zink, L. Ramirez Camargo, P. Reidelstürz, and W. Dorner, "UAS-basierte Dachflächenerfassung als Berechnungsgrundlage für eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Photovoltaikprognose," in *Angewandte Geoinformatik 2015: Beiträge zum 27. AGIT-Symposium Salzburg*, J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner, and B. Zagel, Eds, Berlin: Wichmann, H, 2015, pp. 392–401.
- [23] F. Neitzel and J. Klonowski, "Mobile 3D Mapping With a Low-cost UAV System on Example of a Landfill Survey," in *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, in Proceedings of the UAV-g conference (Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics) [ETH Zürich, September 2011], 2011, pp. 1125–1132.
- [24] J. Bartelsen, "Orientierung von Bildverbänden mit großer Basis," Dissertation, Fakultät für Bauingenieurwesen und Umweltwissenschaften, Universität der Bundeswehr München, München, 2012.
- [25] J. Yao and W. K. Cham, "RobustMulti-View Feature Matching from Multiple Unordered Views," *Pattern Recognition*, vol. 40, no. 11, pp. 3081–3099, 2007.
- [26] European Environment Agency (EEA), Digital Elevation Model over Europe. Available: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eu-dem>.
- [27] SoDa-Solar Radiation Data, Time Series of Solar Radiation Data. Available: <http://soda-is.com/eng/index.html>.
- [28] Deutscher Wetterdienst (DWD), TRY. Available: <http://www.dwd/TRY>.
- [29] J. A. Jakubiec and C. F. Reinhart, "A method for predicting city-wide electricity gains from photovoltaic panels based on LiDAR and GIS data combined with hourly Daysim simulations," *Solar Energy*, vol. 93, no. July, pp. 127–143, 2013.
- [30] R. Festa and C. F. Ratto, "Proposal of a numerical procedure to select Reference Years," *Solar Energy*, vol. 50, no. 1, pp. 9–17, 1993.



Prof. Dr. Roland Zink

Roland Zink promovierte an der Universität Passau zum Thema der Transformation des Energiesektors und der Gestaltung nachhaltiger Energieversorgungsstrukturen aus einer räumlichen Perspektive. Seit 2013 ist er Professor für Raumwissenschaften und Informationssysteme an der Technischen Hochschule Deggendorf und wissenschaftlicher Leiter der Forschungsgruppe „Angewandte Energieforschung“ am Technologie Campus Freyung sowie Sprecher der Forschungsgruppe „Energiesysteme und Technologien“. Neben der weiteren Entwicklung raum-zeitlicher Energiemodelle konzentriert sich seine aktuelle Forschungstätigkeit auf innovative Partizipationsmöglichkeiten von Akteuren in räumlichen Planungsprozessen durch neue Medien.

Roland Zink received his doctorate at the University Passau on the subject of the transition of the energy sector and the designing of a sustainable energy supply under a spatial perspective. Since 2013 he has been professor for Spatial Sciences and Information Technology at Deggendorf Institute of Technology, scientific head of the research group “Applied Energy Research” at the Technology Campus Freyung and also spokesman of the research group “Energy Systems and Technologies”. Besides the further development of spatio-temporal energy models, his current research focuses on innovative opportunities for participation of stakeholders in spatial planning processes through new media.

Kontakt / Contact

✉ roland.zink@th-deg.de



Dipl.-Ing. Luis Ramirez Camargo

Luis Ramirez Camargo absolvierte einen Master-Abschluss in Umwelt- und Bioressourcenmanagement mit dem Schwerpunkt Erneuerbare Energien. Gegenwärtig ist er als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Hochschule Deggendorf beschäftigt und als Doktorand an der Universität für Bodenkultur (BOKU) in Wien eingeschrieben. In seinen Forschungsarbeiten beschäftigt er sich mit der Modellierung und Simulation von erneuerbaren Energieträgern und der Energienachfrage in räumlich und zeitlich hoher Auflösung zur Planung virtueller Kraftwerke auf kommunaler und regionaler Ebene.

Luis Ramirez Camargo holds a master degree in environment and bioresources management with emphasis in renewable energies. He is currently research associated at the Deggendorf Institute of Technology and doctoral student at the university of natural resources and life sciences of Vienna (Austria). His research focuses on the modeling and simulation of renewable energy sources and energy demand in a high spatiotemporal resolution for planning virtual power plants at the municipal and regional scale.

Kontakt / Contact

✉ luis.ramirez-camargo@th-deg.de



Prof. Dr. Wolfgang Dorner

Prof. Dr. Wolfgang Dorner hat an der Paris Lodron Universität Salzburg den Master-Studiengang Geoinformatik absolviert (M.Sc.) und an der University of Southern Queensland (Australien) promoviert (Ph.D.). Seit 2009 ist er als Professor für Geoinformatik und Geoinformationssysteme, Umweltinformatik und Umweltinformationssysteme an der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) tätig. Außerdem ist er seit 2011 wissenschaftlicher Leiter des Technologie Campus Freyung, einer Forschungseinrichtung der THD. Schwerpunkte seiner Forschungstätigkeit sind räumlich-zeitliche Modelle und deren Anwendung in verschiedenen umweltbezogenen, gesellschaftlichen und technischen Bereichen. An der THD unterrichtet er das Schwerpunktfach ‚Mobile und räumliche Systeme‘ im Rahmen des Bachelor-Studiengangs Angewandte Informatik/Infotronik und ist Dozent im Research-Master-Programm der THD. Darüber hinaus ist Prof. Dr. Dorner außerordentlicher wissenschaftlicher Mitarbeiter und Lehrbeauftragter an der Charles Sturt University (Australien) und der Universidad Nacional de Salta (Argentinien).

Wolfgang Dorner holds a Master of Science in Geomatics from Paris Lodron University Salzburg (Austria) and a Ph.D. from University of Southern Queensland (Australia). Since 2009 he is Professor for Computer Science at Deggendorf Institute of Technology and since 2011 head of institute of Technology Campus Freyung, a research institute of DIT. His research is focused on spatio-temporal models and the application in different environmental, societal and technical domains. He is teaching in the major „Mobile and Spatial Computing“ in the Computer Science Bachelor program and the Research Master program of DIT. He is adjunct researcher and lecturer at Charles Sturt University (Australia) and Universidad Nacional de Salta.

Kontakt / Contact

✉ wolfgang.dorner@th-deg.de

Performance Measurement of Audit Software Tools

Leistungsbeurteilung von Prüfungssoftware



Georg Herde

Technische Hochschule Deggendorf

Dominik Fischer

ABSTRACT

Werkzeuge zur Datenanalyse sind eine bekannte Technologie. Aufgrund der zunehmenden Menge an Daten, die diese Werkzeuge bearbeiten müssen, wird es immer wichtiger zu wissen, wie effizient diese Werkzeuge Standardabfragealgorithmen ausführen. Dieser Aufsatz beschreibt die Planung, Entwicklung und Durchführung eines flexiblen Leistungsmessprojekts. Es beschreibt die verschiedenen Hardwarekomponenten und Betriebssoftware-Umgebungen für diejenigen, die mit Performance-Messung zu tun haben. Diese Entwicklung kann mit verschiedenen Anwendungen, die in der Lage sind, Batch-Operationen auszuführen, verwendet werden. Leistungstestergebnisse (zusätzliche Datei) werden vorgestellt und interpretiert.

Data analysis tools are a well-known technology. Due to the increasing amount of data such tools have to handle, it is becoming more and more important to know how efficiently these tools can execute standard query algorithms. This paper describes the planning, development, and execution of a flexible performance measurement project. It provides information on the different hardware components and operating software environments to those who want to do performance measurement tests on software. This development can be used with different applications capable of batch operations. Performance test results (additional file) will be presented and interpreted.

KEYWORDS

Big Data, Performance Measurement, Data Analysis Tools, Audit

1. Introduction

Big Data is not a completely new issue. Since the early days of data processing, people have had to manage the amount of data with currently available means [1].

However, the increase—almost explosion—of data availability in the last few years has also made it necessary for most companies to dig for the gold [2] within.

The audit profession is no exception: the need for software tools to test and check a company's data for auditing purposes has been felt for 40 years [3].

Changes in at least three different aspects can be observed in comparison with previous years.

1. More and more business processes are purely digital, as in B2B or B2C business.
2. The number and variety of attributes recorded for each transaction is increasing; therefore the test procedures are becoming increasingly complex.
3. Exponential growth in the number of digital transactions has not only been observed in big companies.

Auditors have realized that, in order to gain a deeper understanding of company processes in terms of audits, digital data analysis is no longer an option. It has become compulsory.

Many different general-purpose and specific tools are now available in the audit field.

In a survey on acceptance of digital data analysis in the audit profession in Germany, Herde/Kohl [4] found that 76% of internal auditors and 81% of external auditors use digital data analysis tools. The most frequently named products were ACL, Excel, Access, IDEA Monarch, SPSS, SAS and Statistica, among others. Most interviewees agreed that digital data analysis tools are either indispensable or their importance will increase considerably in the near future [4]. Kaplan [5] obtained similar results in his Survey report on Data Analysis Software and Auditors.

It will therefore become necessary for the audit profession to accept available software tools and applications as a given constant. Defining the requirements and parameters according to which software applications can be evaluated in terms of effectiveness and efficiency [6] will consequently become more important. Several

general-purpose audit software packages apart from the Microsoft Office applications are available on the market and used by audit professionals.

The more important the use of such applications becomes, the more people work with these applications, and the more data these applications have to handle, the more critical becomes the question: How efficient are these applications in analyzing mass data?

When introducing audit software tools, auditors have to take the efficiency of those products into consideration.

Apart from the user interface, functionality and training effort requirement, it would be interesting to know how much time a software tool would require to execute a sort or a classification, or to compute a join between two tables, which are really basic and recurring tests in almost every audit procedure.

The question that will be explored in this paper is:

How do different audit software programs behave in terms of, e.g. CPU usage and disk usage, when executing simple audit routines on millions of data records in different hardware environments?

The results will indicate the software tool that uses less resources and consequently takes less time for auditors to do their jobs.

The test procedure, tools, and parameters selected in order to answer the question will be explained next.

2. Planning

Several decisions had to be made at the outset: the data analysis tools and data operations (query algorithms) to be tested; the mandatory parameters to measure; and of course the way in which the tests should be performed. This paper explains these steps and includes the decision-making.

2.1 Selection of the Data Analysis Tools

There are many different tools for digital data analysis on the market, starting from standard software like Microsoft Excel all the way up to

high-end solutions from SAP or IBM. For the purpose of our project, it was important that the tools fulfil the following requirements:

- are able to compute data of the size of a five-digit Megabyte file;
- are specifically for data analysis in the audit profession; and
- are standalone tools.

Standard office tools are automatically disqualified by these restrictions: Microsoft Excel can only compute up to “1,048,576 rows” [7] and Microsoft Access “2 Gigabytes” [8] of data. If the market is filtered, a long list of possible data analysis tools results.

“The three most well-known and common data interrogation packages are ..., Audicon IDEA, ACL and i2. ... In addition, there are other data interrogation packages; for example CPCP ... which runs in ARBUTUS, a spin-off development, when one of the key ACL developers left, to set up his own development.” [9] Due to the fact that IDEA and ACL are two of the market leaders, an initial decision for these tools was made. The ARBUTUS tool, a tool with the same philosophy, but from a different company, has also been included.

Following an early presentation of our project in mid-2012, a senior consultant at “hfp Informationssysteme” contacted us. His company also develops software to analyze data for audit professionals that has a different structure and philosophy to the other three and is capable of using different database servers in the background. Since it is also interesting to test computations with relational databases, the software “hfp openAnalyzer” in combination with the Microsoft SQL Server 2012 was added as the final product to our project.

In conclusion, the four tested data analysis tools are:

- Caseware IDEA 8.5
- ACL 10
- ARBUTUS Analyzer 5.5
- hfp openAnalyzer v. 2.5b

2.2 Data query algorithms

There is a huge range of specific data selection and modification procedures within the software programs. In the case of digital data analysis, the selection procedures (reading) are more important than the modification (writing)

procedures, because they occur more often in an audit procedure. All our tools use a fixed data set, which is normally extracted from an ERP system such as SAP. All tests will be driven on one fixed data set.

There is a very wide range of data selection procedures, starting from easy row selection without much inherent logic, through several aggregation and grouping functions, up to really complex fraud and double payment scripts (which could also include data modification queries to store temporal data).

It was important to test query algorithms that are used quite frequently and generate similar results in each software package. These are very easy, basic operations, but essential for any further and more complex computation. They are comparable to the performance measurement of super computers where you test how many FLOPS (floating point operations per second) the computer can compute. The project thus focuses on simple data selection operations and not complex data computation algorithms.

Four different data query algorithms have been tested so far:

- **Sort:** Order a data set by three different columns.
- **Join:** Merge two different data sets with one primary and one foreign key in the tables.
- **Summarize:** Order and group a data set, and summarize the single groups in a numeric field.
- **Extract:** Export a data set to an XML-structured file and save it on the local disk.

2.3 Performance parameters

“The performance and scalability of a software system are determined by the various performance and scalability factors. Those factors that are affecting the performance and scalability of a software system most are classified as the bottlenecks. System performance counters help capture those bottlenecks. A performance counter enabled through a system-monitoring tool is simply a logical entity that quantitatively represents one of the aspects of a resource. For example, one often needs to know:

- How busy the CPUs of a system are
- How much memory is being used by the application under test

- How busy the disks of a data storage system are
- ... “ [10]

The performance parameters are the parameters defined to be measured. Surely, the most important and predicated parameter in the buying decision is the duration of an operation. How long does the computation of a function last? How long will the auditor have to wait until the operations have been performed?

It is necessary to measure some hardware parameters in order to analyze the performance of the algorithms of the different tools. The following attributes are measured:

- CPU rate;
- amount of written bytes on the storage drive;
- read bytes on the storage drive; and
- used space in working storage.

2.4 Test requirements

What is required to perform a representable test? What has to be done before and after a test? Due to the number of data records and test algorithms, our tests are very time-intensive, requiring special arrangements and tasks in order to maintain a comparable test environment. The important preconditions and requirements for our tests are described below.

We are testing different disk technologies and different working storage capacities, as well as different audit software with different operations and of course with different data sizes. All these tests should run automatically. Moreover, to maintain a comparable state of the system after each test run, the next test should start automatically. Consequently, the test environment was governed by the following conditions:

1. Before each test, the operating system has to be blank and every test run has to have the same starting conditions.
2. After each test, all generated data from the analysis tool has to be deleted.
3. No changes are allowed in the initial project data of the analysis tool and in the analyzed data set itself.
4. The system has to configure, shut down and boot itself, without any user interaction.
5. In order to avoid and polish positive and negative peaks of the measured data, the test environment should be able to repeat one given test a specific number of times.
6. It should be possible to generate and store measurement data over the whole test run.

Performance has to be measured within an interval of only a few seconds.

2.5 Test Data output

In consideration of these preconditions, a calculation about the estimated test data results has been made. The following dimensions have to be considered in the planning scenario:

- type of disk;
- size of working storage;
- size of data set;
- type of audit software; and
- type of query algorithm.

In order to exclude outliers in the tests, each test was repeated five times and the median of the generated test data output was used.

More than 1,440 test runs had to be executed.

The complete execution time was initially expected to be round about three months. Due to unexpected performance shortcomings in some tools, the true execution time was round about 18 months.

More than 200 Megabytes of test results were generated during these tests.

3. Development of the test environment

Fulfilling all mentioned requirements and developing a test environment to perform all the tests automatically required some research and development activities. The entire development took more than 12 months and there is still scope for improvement to increase the performance of the test environment. The environment is, however, robust, produces representative data results, and can also be used for different use cases (i.e. it is possible to test software in different operating systems like Windows XP, 7, 8 with only one configuration).

3.1 The test data sets

As previously mentioned, the target was to test and stress the audit software using different query algorithms combined with three different huge data packages. Due to data security issues, it was difficult to get real data with the required huge number of data records. The data sets were therefore generated using software from “Red Gate Software Ltd” (<http://www.red-gate.com/>). Our table is 512 bytes wide and contains number, text, binary, and date fields. The following amounts of data have been generated:

- 7.5 GB (15 million records)
- 15.0 GB (30 million records)
- 22.5 GB (45 million records)

The data sets are big enough to force the software to use the internal hard disk or the page files on the hard disk (space for software when the physically memory is exhausted) rather than the limited physical working storage for computation. However, they are not too big to blow up the execution time of the single test runs.

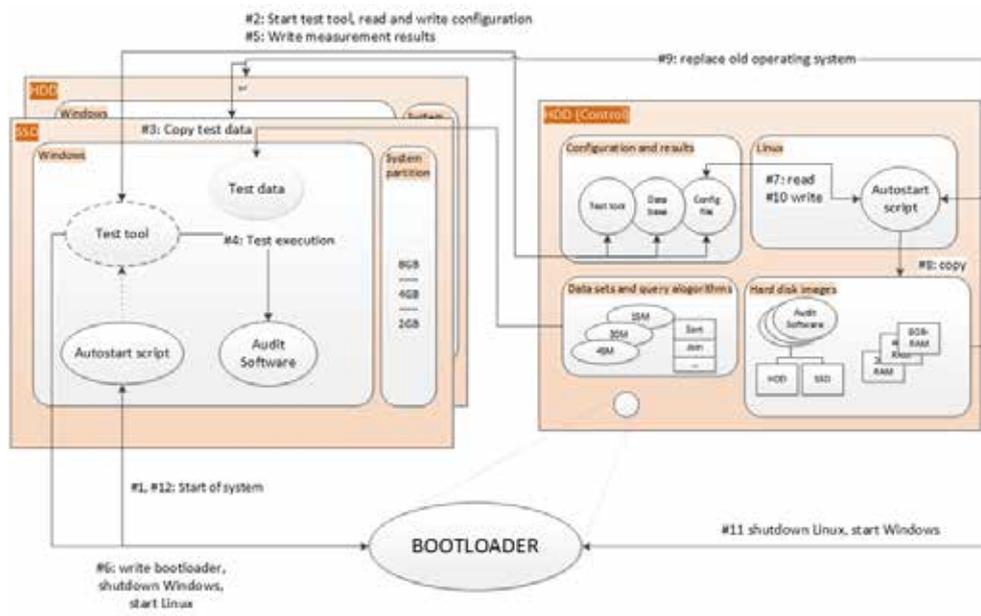
3.2 Test process

The main part of the development of our test environment is the implementation of the strict test requirements. This is also the most complex part, cf. the graph on the last page of this article.

The test environment contains different parts with different responsibilities. On the one hand, the system has to manage two disks where the tests will run, under the control of a Windows 7 operating system. An additional disk runs a Linux environment, which is responsible for changing the hardware configurations and resetting the Windows system. Some independent partitions

that store the actual test software, configuration files, logs of the test runs, test results, one partition for the project data, and one for a variety of different disk images, are also located on this disk. One disk image represents a software installation on the Windows system for each different test configuration (i.e., ACL with a Solid State Disk, another one for ACL with a magnetic hard disk). There are also several disk images for the hidden system partition of the Windows system. Amongst others, the partition also stores information about the size of the allocated working storage.

The reason for so many different data sets, partitions, and systems is derived from the high degree of flexibility and efficiency that should be achieved in the test environment. It is very easy to add additional software, change the project data, or update the measurement software with this constellation. The alternative would be to generate new disk images if there is a change in a single component. It is also necessary to understand how the various parts interact with each other (cf. the numbers in the brackets refer to the steps on the graph).



A small boot loader (GRUB, Grand Unified Bootloader) will establish which operating system will be booted to start the test environment. Normally, it should boot the Windows environment. An automatic start-up script is triggered after the system is booted

(#1). This small script is responsible for starting the measurement software (#2). This is stored on the other disk to facilitate updating the software . If no test is planned, the software starts the graphical user interface and the system manager is able to configure the tests and the

analysis software. Otherwise, after a delay of 30 seconds (delay for Windows to finish all start-up procedures), the software copies all necessary project data from the single data partition to the local drive (#3).

The test is performed as soon as the data has been copied and a measurement of all performance parameters will be taken every five seconds (#4). After the test, the results are written to the database (#5). If a next test run is planned, the system writes the next hardware and software configuration to a file and configures the boot loader to start the Linux system. The system then restarts automatically (#6).

There is also an automatic start-up script on the Linux system. This script reads the required configuration for the next tests (#7). It also copies the right disk images (e.g., “ACL on SSD” and “with 8 GB RAM”) (#8) and pastes it on the particular disk. The old data is deleted completely (#9). After writing the new state (#10), the system again reboots the Windows operating system and the process cycle starts once again (#11).

The possibility to break this cycle either for maintenance or to extract the test results certainly exists, e.g. on each Linux boot, the test results are copied to a flash drive where they can be easily extracted during the test routines. Planning and developing this test environment took a big part of the project research resources, but it was worthwhile since the advantages in performance, usability, and efficiency paid off immediately.

3.3 Test execution and measurement of performance parameters

The measurement software on the Windows system is responsible for two major parts:

- ^aMeasurements of performance parameters
- ^bTest management and administration

The software is written in C# using the .NET Framework, a combination with very comfortable access to all performance parameters. “Performance Monitoring can be used to get information about the normal behavior of applications. Performance monitoring is a great tool that helps you understand the workload of the system and observe changes and trends ... Microsoft Windows has many performance objects,

such as System, Memory, Objects, Process, Processor, Thread, Cache, and so on. Each of these objects has many counts to monitor.” [11] The project data is stored in a simple SQLite database. “SQLite is different from most other modern SQL databases in the sense that its primary goal is to be simple. SQLite strives to be simple, even if it leads to occasional inefficient implementations of some features. It is simple to maintain, customize, operate, administer, and embed in C applications.” [12]

3.4 The test environment

The test environment runs on a desktop personal computer (PC), which has been modified and configured for our measurement software. The test PC consequently cannot be used as a normal office PC.

All the different hardware features that should be tested have been implemented in the test environment. Besides the hard disk drive (HDD) for the Linux system and the data pool, a solid-state disk (SSD) and another HDD for the Windows operating systems have been installed. The relevant system specifications are:

Type	Description
CPU	Intel Core 2 Duo E8300, 2833 MHz (8.5 x 333)
Motherboard	HP Compaq dc5800
RAM	4 x GB DDR2-800
1st Windows Disk	Samsung SSD 128GB
2nd Windows Disk	ST3160815AS ATA Device 160GB
Linux disk	Western Digital 500GB

There are many more recent hardware components available on the market, but the hardware specifications are currently not a critical point—testing different CPUs or motherboards would extend the project far too much. Furthermore, our intention is to test with an average, available, and not too expensive system that could be used by any average end user. The results would not be that representative if the tests were executed on a high-end system available to only a minority of end users.

No network connection is available on the system in order to avoid any software update or other requests. Downloading and installing software, e.g. Windows updates, may affect system performance and consequently the measurements.

A very special feature of our test environment is simulating different hardware settings. It is not necessary to physically change the hardware settings, e.g. by plugging in more or less memory or the other disk. The test environment manages everything itself, guaranteeing maximum flexibility and automation.

4. Analysis

4.1 Validation

The result data sets had to be validated in terms of quantity and quality before further analysis. The quantity of database entries was first checked: the expected quantity was calculated and compared to the actual results in the database. Most test runs have a completeness rate of more than 98%. Furthermore, the logs were checked for error messages or exceptions during the test runs. Any identified unexpected problem or interruption had to be solved before the test was repeated.

4.2 Classification

Since reading or analyzing the measurement data is no simple matter, some procedures have been developed to automatically edit the data for further analysis. As previously mentioned, five executions of the same test were made for

each test configuration. The median of each test run was first identified in order to eliminate negative or positive outliers of these runs from the analysis.

The test results were edited for better computation in the later visualization process. The original result table contains unformatted numbers and absolute date values (the creation date of the measurement record). After editing, all numbers are formatted and the date and time values are relative to the beginning of the test (seconds from the beginning of the test run).

4.3 Visualization

The main problem in the analysis is visualizing the different dimensions: showing the relation between the different factors and how they influence the performance of the different software packages.

A Python script generates a detailed PDF document containing visualized data by query algorithm and data size. It offers a fair overview. This script ultimately generated 57 pages with 189 different charts.

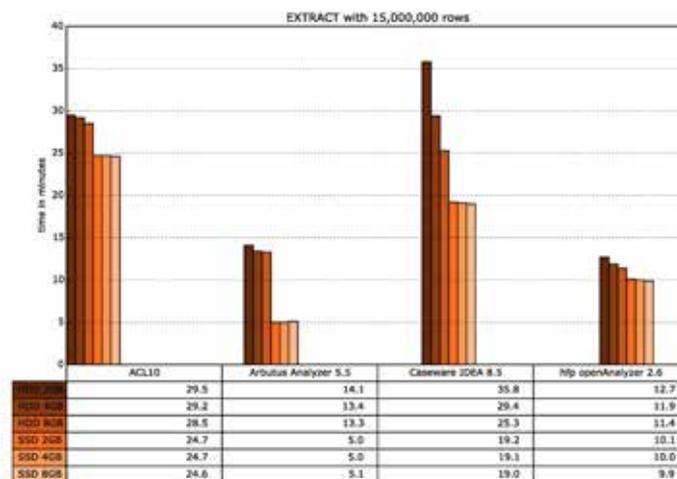


Figure 1: Extract with 15 million rows – Overview

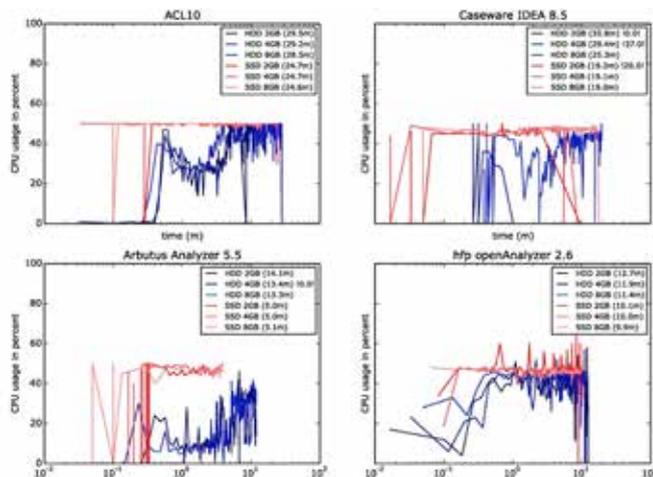


Figure 2: Extract with 15 million rows – CPU usage

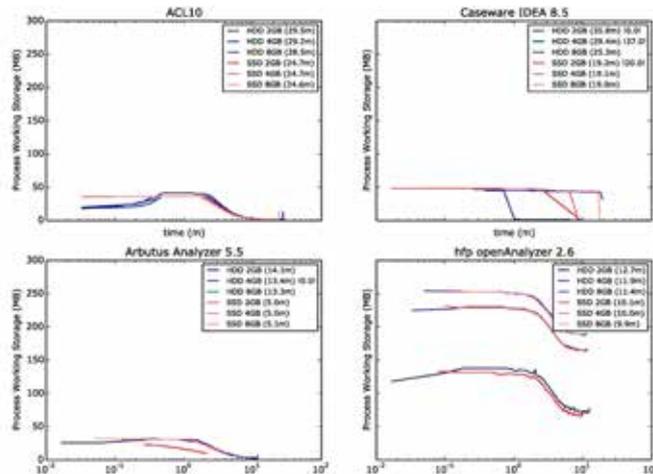


Figure 3: Extract with 15 million rows – Process Working Storage

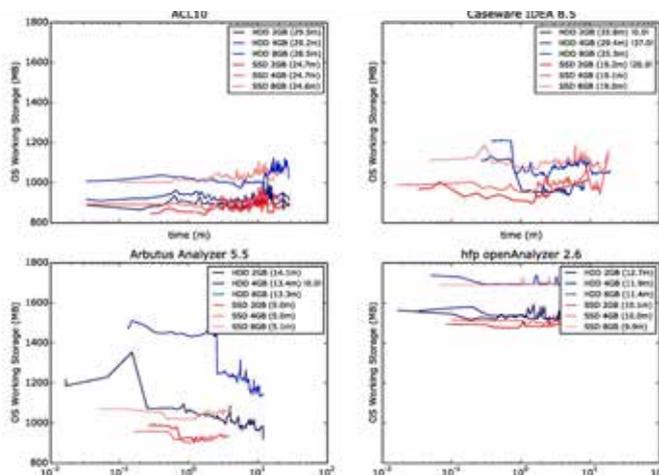


Figure 4: Extract with 15 million rows – OS Working Storage

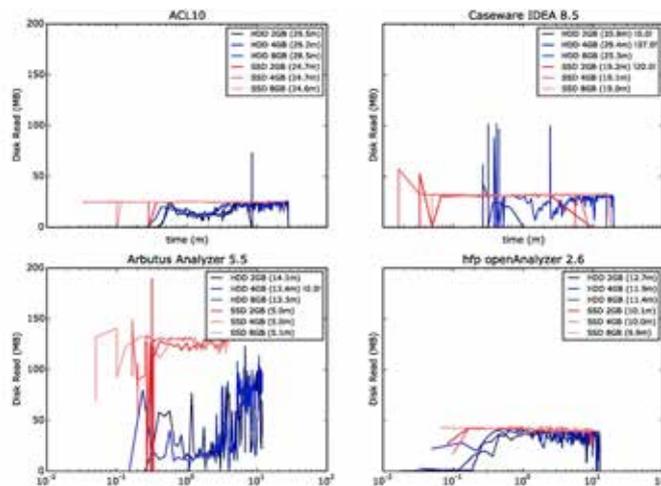


Figure 5: Extract with 15 million rows – Disk Read Activity

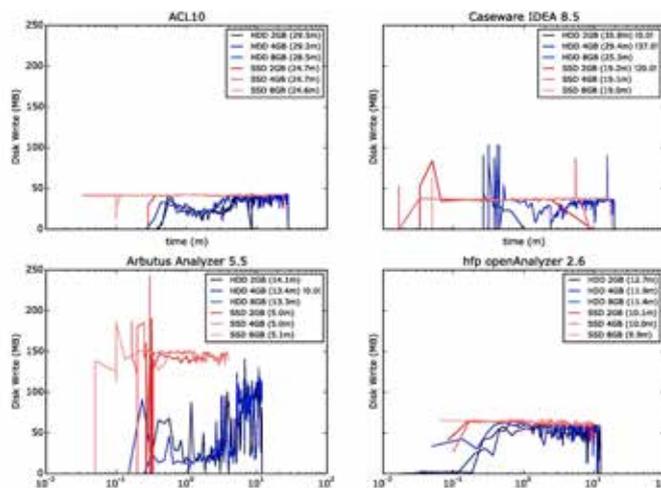


Figure 6: Extract with 15 million rows – Disk Write Activity

The whole Document with all figures (Figure 1 to 54) and with additional information can be downloaded from: jas.bayern/data/herde/

5. Results

The most significant insights will be described in this section. An explanation for the proper understanding of the results will be followed by the presentation of the results.

5.1 Plot explanation

A short introduction on how to read the result plots is helpful. A 57-page document containing all results as single plots can be downloaded from: jas.bayern/data/herde/. One particular test involving one of the query algorithm types and one of the three data sets, e.g., “EXTRACT with 15,000,000 rows”, alone covers six pages.

A bar chart on the first page of each test provides an overview. Each color represents a specific hardware configuration. The tests were each performed with six different configurations: from 2 GB to 8 GB working storage with an SSD and an HDD. The x-axis represents the duration of the test run in minutes, while the y-axis shows each test run grouped by the four tools.

The subsequent five pages provide a detailed view of each of the five performance parameters: CPU usage, process working storage, OS

working storage, and disk frequency for read and write activities. There are four plots per page, one for each tool. Each plot comprises three blue lines, representing the test runs with the HDD, and three red lines, representing those for the SSD. The x-axis is the value of the performance parameter and the y-axis is the time in minutes (in a logarithmic scale). The numbers in the brackets in the legend are the duration described in minutes. Tests with less than 50% test results are marked with two exclamation points enclosing the percentage of the expected test results (e.g., “!28.0!” indicates that 28% of the expected results could be measured).

Use the attached result document to find the figures referenced in the following paragraphs!

5.2 Data Extraction

- The two leading tools for the data extraction command are Arbutus and the hfp openAnalyzer (ref. fig. 1, fig. 7, fig. 13).
- Results specific to the SSD indicate that Arbutus is the fastest tool, followed by hfp, IDEA, and ACL.
- Expanding the physical working storage is only a significant advantage for IDEA running on an HDD.
- The CPU has a much higher workload with the SSD, but only one of two cores is used (ref. fig. 14).
- Hfp uses most of the available working storage, which is no major issue for the EXTRACT command. The high RAM workload in the case of Arbutus using the HDD and 8 GB RAM is noticeable. It seems that the software tries to use most of the available space (ref. fig. 16).
- Analogous to the ranking in duration is the behavior of read and write operations. Arbutus reads/writes the most data per second, followed by hfp, ACL, and IDEA. It is noticeable that in the cases of ACL and IDEA, the possible read/write-speed of the SSD is not fully attained: an imaginary border appears at around 50 MB per second (ref. fig. 17f).

5.3 Joining tables

- ACL, Arbutus, and hfp are at the same level at the beginning of the HDD test runs. However, hfp later requires nearly 100% more time for the test execution with the two bigger data sets. IDEA has massive problems using the HDD (ref. fig. 19, fig. 25, fig. 31). The execution time is unreasonably long. It is immediately apparent that more

RAM speeds up execution. A pre-indexed data set generates no significant advantage

- In the SSD test runs, IDEA came in first on the smaller data sets. However, with a data set of 30 million rows, Arbutus and ACL are the two leading tools. Hfp cannot generate speed improvements using the SSD. This is due to the low disk activity in the join operation.
- There is no permanent CPU load during the join operation. It is however interesting that testing Arbutus in combination with an SSD results in usage of the second CPU core (ref. fig. 32).
- ACL and Arbutus seem to have an internal working storage limitation. The limitation in the case of ACL depends on the size of the RAM: when more RAM is available the limitation is not as strict as when less RAM is available. The working storage has a steady load across the different tools. Only IDEA shows a less high RAM workload (ref. fig. 34).
- ACL exhibits the highest read/write activity on the disk, followed by Arbutus. In the case of Arbutus, there is a big difference between the HDD and SSD test runs. Hfp and IDEA don't have a very high read/write rate (ref. fig. 35f.).

5.4 Sorting data

- Execution time with the HDD test runs can be interpreted as follows: ACL and Arbutus are the two fastest tools, also demonstrating no significant differences with regard to RAM size, and IDEA is in third place, followed by hfp (ref. fig. 37, fig 43, fig. 49). In the case of the latter two tools, differences are evident when using bigger working storage. A conjecture is that ACL and Arbutus perform their operations primarily on the disk, while hfp and IDEA perform them in the working storage (ref. fig. 49).
- In the SSD test runs, ACL and Arbutus are also the fastest tools, followed closely by IDEA. It is conspicuous that hfp leads with the 15 million rows big data set and is later overtaken by the other tools (ref. fig. 37, fig 43, fig. 49). Using a bigger working storage makes no big difference in the case of all tools.
- Once again, Arbutus is the only software that uses the second CPU core (mainly during the SSD test runs). ACL has a higher CPU workload while hfp rarely uses

- the processor. There are too little IDEA test results to make a qualified statement (ref. fig. 50).
- It is again noticeable that ACL and Arbutus again use all the limited internal working storage range. Also, hfp has a consistently high RAM workload. Only IDEA has a noticeably low RAM workload (ref. fig. 51f.).
- ACL has high disk usage, especially with the SSD test runs. Arbutus, too, demonstrates strong disk usage. IDEA and hfp both use the disk with a lower read/write rate (ref. fig. 53f.).

5.5 Summarizing data

The test runs for the summarize operation will not be reviewed. Test results currently are not satisfying, hence additional research will be necessary.

6. Summary

Evaluating data analysis software tools according to their performance by stressing the software with huge amounts of data and different test algorithms, using different hardware configurations under comparable and repeatable system environments is a big challenge. Every single part of the testing environment had to be checked in order to create proper, valid, and replicable results.

Clear differences between specific data analysis tools when performing standard data query algorithms have been identified. Stressing the tools with a larger amount of data provides new insights: some tools could handle the data without greatly reduced performance, while other tools had significant problems performing some of the operations. The results have been accepted and reviewed by the software developers of this particular company.

This robust and flexible test environment that produces clean measurements and can easily be adapted to new requirements such as other software tools, extended data sets, and other hardware or operating system configurations.

It is planned to continue the software tests of data analysis tools. It is important to evaluate not only the technical performance. Human interaction with the tool is just as important.

7. References

- [1] D. Weinberger, *Too big to know: Rethinking knowledge now that the facts aren't the facts, experts are everywhere, and the smartest person in the room is the room*. New York: Basic Books, 2011.
- [2] K. Cukier, "Data, data everywhe," *The Economist*, 2010.
- [3] H. J. Will, "Computer-based auditing: Part I: Man-machine auditing," vol. 100, pp. 29–34, 1972.
- [4] G. Herde and A. Kohl, "Umfrage zur Akzeptanz der digitalen Prüfungsunterstützung: ('Survey Report on the acceptance of digital audit support in Germany')," in *Compliance in digitaler Prüfung und Revision: Proceeding of the 7th Deggendorfer Forum of digital data analysis*, Berlin: Erich Schmidt Verlag, pp. 69–83.
- [5] J. Kaplan, *AuditNet® Survey report on Data Analysis Software and Auditors*. Available: https://www.surveymonkey.com/sr.aspx?sm=V00IhrwMsa6RfDhexh3mJTuglcf1x3nBUYObLnLmJUc_3d.
- [6] G. Herde and E. R. Töller, "Zukunftsorientierte Analysesoftware: Anforderungen und Parameter: (Future-oriented analytical software: Requirements and parameters)," in *Compliance in digitaler Prüfung und Revision: Proceeding of the 7th Deggendorfer Forum of digital data analysis*, Berlin: Erich Schmidt Verlag, pp. 85–103.
- [7] J. Walkenbach, *Excel 2013 bible*. Indianapolis: Wiley, 2013.
- [8] M. MacDonald, *Access 2013: The missing manual*, 1st ed. Sebastopol, CA: O'Reilly, 2013.
- [9] P. Tickner, *How to be a successful frauditor: A practical guide to investigating fraud in the workplace for internal auditors and managers*. Chichester: Wiley, 2010.
- [10] H. H. Liu, *Software performance and scalability: A quantitative approach*. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2009.
- [11] C. Nagel, Evjen, B. Glynn, J. M. Skinner, and K. Watson, *Professional C# 2008*. Indianapolis, IN: Wiley Pub, 2008.
- [12] H. Sibsanker, *Inside SQLite*: O'Reilly Media, 2007.



Prof. Dr. Georg Herde

Prof. Dr. Georg Herde ist Professor an der Technischen Hochschule in Deggendorf und dort im Studiengang Wirtschaftsinformatik tätig. Vor seiner Berufung an die THD promovierte er 1992 an der Universität Bamberg und arbeitete mehrere Jahre im Bereich der Wirtschaftsprüfung, Steuer- und Unternehmensberatung.

Schwerpunkt seiner Forschungstätigkeit liegt in der Datenanalyse betrieblicher Massendaten für die prüfenden Berufe (Wirtschaftsprüfer, Steuerberater, Betriebsprüfer, ...). Er gründete das „Deggendorfer Forum zur digitalen Datenanalyse, das seit 2005 mehr als 16 Veranstaltungen im gesamten Bundesgebiet mit nationalen und internationalen Referenten durchführte. Insgesamt wurden bisher 11 Tagungsbände im Rahmen dieser Veranstaltungsreihe veröffentlicht.

Über dieses Thema publizierte er eine Reihe von Aufsätzen (vgl. <https://pmit-ext.th-deg.de/publikationen/index.php?suche=Herde+Georg#ergebnis>) und hielt Vorträge auf nationalen und internationalen Konferenzen, die ihn u.a. nach Japan, Kanada und zu einer Gastprofessur an der Chung-Cheng Universität in Taiwan geführt haben.

Prof. Dr. Georg Herde is a professor of business informatics at Deggendorf Institute of Technology (DIT). Before his appointment to DIT he was awarded a doctorate at Bamberg University in 1992 and was a professional in auditing, tax and management consultancy for several years.

His research focus lies in the analysis of business bulk data for the auditing profession (auditors, tax consultants, tax auditors...). He is the founder of the 'Deggendorf Forum of Digital Data Analysis' under the auspices of which more than 16 meetings have taken place throughout Germany since 2005, hosting national and international speakers. As many as 11 conference transcripts have been published ever since.

Prof. Dr. Herde has published a whole range of articles (please see <https://pmit-ext.th-deg.de/publikationen/index.php?suche=Herde+Georg#ergebnis>) on this subject and has presented numerous lectures at national and international conferences, taking him to Japan and Canada, amongst other countries. Moreover, he held a guest professorship at National Chung Cheng University in Taiwan.

Kontakt / Contact

✉ georg.herde@th-deg.de



Dominik Fischer

Dominik Fischer studiert Data and Knowledge Engineering (M.Sc.) an der Universität Magdeburg. Zuvor absolvierte er eine Ausbildung zum Fachinformatiker für Anwendungsentwicklung und sammelte drei Jahre lang Erfahrungen in einer Internet-Agentur. Im Frühling 2015 schloss er an der TH Deggendorf das Studium der Wirtschaftsinformatik (B.Sc.) ab. Fischer hat zudem internationale Erfahrungen in Chile, Taiwan, Finnland und auf den Philippinen gewinnen können. Während seiner akademischen Ausbildung entwickelte sich sein Interesse an dem weiten Feld der Datenanalyse. Daher ist es naheliegend, dass er sich auch in seinen zukünftigen Forschungsarbeiten auf dieses Feld konzentrieren will.

Dominik Fischer studies Data and Knowledge Engineering (M.Sc.) at the University of Magdeburg. Before, he did an apprenticeship as a specialized software developer and gained three years of work experience in an internet agency. In spring 2015, he graduated in business informatics (B.Sc.) at Deggendorf Institute of Technology. Fischer has also gained international experience in Chile, Taiwan, Finland and the Philippines. During his studies he developed a strong interest in the wide field of data analysis, which makes it obvious that he wants to concentrate his future research work on this field.

Kontakt / Contact

✉ dominik.fischer@st.ovgu.de

Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern

Legal issues concerning the appointment procedures for professors in Bavaria

Gregor C. Biletzki
 Technische Hochschule Deggendorf
 gregor.biletzki@th-deg.de



ABSTRACT

Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens spielen in der Praxis der Hochschulen eine zentrale Rolle. Das Berufungsverfahren ist das ‚Herzstück‘ der Politik der jeweiligen Hochschule. Der Beitrag befasst sich mit den damit zusammenhängenden Rechtsfragen aus der Sicht der Hochschulpraxis.

Legal issues concerning the appointment procedures for professors play a key practical role at German universities of applied sciences. Appointment procedures constitute the very heart of a university of applied sciences' policy. This article deals with the related legal issues from a practical perspective.

KEYWORDS

Professorenberufungsverfahren, Hochschulpolitik, Hochschulpraxis, Rechtsfragen

appointment procedures for professors, higher education policy, higher education practice, legal issues

Die rechtlichen Vorgaben zum Professorenberufungsverfahren in Bayern sind durch Art. 18 BayHSchPG relativ detailliert normiert. Dennoch ergibt sich für die Hochschulen bei der Anwendung der Vorschrift in der Praxis aufgrund der vielgestaltigen Fälle eine ganze Reihe von Rechtsproblemen. Der vorliegende Beitrag beleuchtet in diesem Rahmen anhand der Rechtsprechung die in der Hochschulpraxis eine Auswahl häufig

vorkommender zentraler Rechtsfragen. Auf Sonderproblembereiche etwa im Bereich der Berufung von Professoren und Professorinnen der Theologie, Religionspädagogik und Didaktik des Religionsunterrichts [1] oder z.B. bei Ausstattungszusagen [2] und Berufungsvereinbarungen [3] wird demgegenüber aus Raumgründen nicht eingegangen.

1. Ausschreibung

In der Praxis entstehen häufig Probleme im Zusammenhang mit der Ausschreibung von Professuren. Dabei geht es zum einen um deren inhaltliche Ausrichtung und das jeweilige Anforderungsprofil und zum anderen um die wichtige Frage, ob und in welchen Fällen von einer Ausschreibung überhaupt abgesehen werden kann.

1. Fachliche Ausrichtung und Anforderungsprofil

a) Fachliche Ausrichtung

Im Regelfall gibt die jeweils betroffene Fakultät der Hochschule vor, welche fachliche Ausrichtung eine auszuschreibende Professur haben soll. Nach Art. 18 Abs. 1 BayHSchPG obliegt die Kompetenz zur verbindlichen Entscheidung über das Ob einer Wiederbesetzung einer freien oder freiwerdenden Professur allerdings nicht der Fakultät, sondern der Hochschulleitung. Gleiches gilt für die Festlegung der fachlichen Ausrichtung der künftigen Professur. Über den Wortlaut hinaus erfasst die Zuständigkeit der Hochschulleitung nach dem Sinn der Vorschrift, der Hochschulleitung aufgrund ihrer Gesamtverantwortung auch im Bereich der Berufungen die zentrale Steuerungsfunktion zuzuweisen [4], zudem die erstmalige Besetzung einer Professur. Die betroffene Fakultät wird demgegenüber nach Art. 18 Abs. 1 Satz 2 BayHSchPG lediglich gehört, wobei die Hochschulleitung nicht an die Stellungnahme des Fakultätsrats gebunden ist. Die Fakultät hat auch keinen Anspruch darauf, dass eine vakante Stelle wieder wie bisher besetzt wird. Es kann lediglich seltene Fälle geben, in denen die Entscheidung über die inhaltliche Ausrichtung einer Professur dadurch zwingend vorherbestimmt wird, weil Studierende sonst ihr Studium nicht ordnungsgemäß beenden können [5]. Unterbleibt die Anhörung des Fakultätsrats, kann sie entsprechend nachgeholt werden. Die Bezugnahme von Art. 18 Abs. 1 Satz 1 BayHSchPG auf eine „Stelle“ bedeutet nicht, dass eine haushaltsrechtliche Planstelle vorhanden sein muss. Die Vorschrift gilt demgemäß auch für befristete Professuren. Frei „wird“ eine Stelle durch die Beendigungsgründe des § 21 BeamtStG (Entlassung, Verlust der Beamtenrechte, Entfernung aus dem Beamtenverhältnis nach den Disziplargesetzen oder Eintritt oder Versetzung in den Ruhestand) oder durch Versetzung (§ 15 BeamtStG, Art. 48 BayBG).

b) Anforderungsprofil

Art. 18 Abs. 3 Satz 2 BayHSchPG schreibt vor, Art und Umfang der zu erfüllenden Aufgaben des Professors bzw. der Professorin zu umschreiben. Dazu gehören u.a. die Fächer, die der Professor oder die Professorin unterrichten soll sowie ggf. weitere Anforderungen. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, ob auch die jeweiligen Studiengänge, in denen der Professor oder die Professorin unterrichten soll, im Ausschreibungstext genannt werden sollten. Davon sollte nach hier vertretener Auffassung grundsätzlich abgesehen werden, da insoweit mittelfristig Änderungen eintreten und dann unter Umständen gegen einen Einsatz in neuen Studiengängen Einwände vorgebracht werden könnten [6]. Zu beachten ist ferner, dass Anforderungsprofile nach der Rechtsprechung [7] unterschiedliche Rechtsqualität haben, je nachdem, ob die aufgestellten Kriterien konstitutiven oder lediglich beschreibenden Charakter haben. „Beschreibende“ oder allgemeine Anforderungsprofile geben nach dieser Rechtsprechung über den Dienstposten und die auf die Bewerber oder Bewerberinnen zukommenden Aufgaben Auskunft. Ein konstitutives oder spezielles Anforderungsprofil enthält hingegen einen von der Bestenauslese abgekoppelten und im Entscheidungsgang davor zu prüfenden Maßstab. Wer ein konstitutives oder spezielles Anforderungsprofil nicht erfüllt, scheidet allein deshalb aus dem Bewerbungsverfahren aus, ohne dass es im Übrigen auf seine oder ihre Qualifizierung ankommt; Demgegenüber erlangt ein beschreibendes Anforderungsprofil Bedeutung, wenn sich die Konkurrenten und Konkurrentinnen hinsichtlich der Gesamtqualifikation nicht wesentlich unterscheiden. Bei der dann erforderlichen wertenden Auswahlentscheidung kann in Orientierung an einem beschreibenden Anforderungsprofil ein zunächst bestehendes Defizit eines Bewerbers oder einer Bewerberin ausgeglichen oder sogar ein Vorsprung begründet werden [8]. Der Berufungsausschuss ist nach der Rechtsprechung [9] an das veröffentlichte Anforderungsprofil der ausgeschriebenen Professur gebunden, so dass er bei seinen Erwägungen auch nicht entscheidend auf einen Gesichtspunkt abstellen darf, der nicht Gegenstand des Anforderungsprofils der vorausgegangenen Stellenausschreibung war. Der Text der Ausschreibung ist insofern Maßstab und Grundlage für die Erstellung der Berufsungsliste. Fehler im Anforderungsprofil führen grundsätzlich auch

zur Fehlerhaftigkeit des Auswahlverfahrens, weil die Auswählerwägungen dann auf sachfremden, nicht am Leistungsgrundsatz orientierten Gesichtspunkten beruhen [10]. Prozessual ist des weiteren zu beachten, dass die Festlegung von Anforderungsprofilen nur vorbereitende Verfahrenshandlungen sind, die der Stellenbesetzung als eigentliche Sachentscheidung vorgelagert sind und gegen die nach § 44 a VwGO kein isolierter Rechtsschutz möglich ist [11], da Ausschreibung und Bewerberermittlung nur Bestandteile eines einheitlichen Verfahrens zur Professorenberufung sind.

2. Entbehrliche Ausschreibung

a) „Standardkonstellationen“

Art. 18 Abs. 3 Sätze 3 bis 5 BayHSchPG regeln Fallkonstellationen, in denen eine Ausschreibung entbehrlich ist. Einen Spezialfall bildet Art. 18 Abs. 3 Satz 4 Nr. 2 BayHSchPG, der im Hinblick auf die Verwendung unbestimmter Rechtsbegriffe wie „in besonderer Weise qualifizierte Persönlichkeit“ und „besonderes Interesse“ der Hochschule äußerst restriktiv ausgelegt werden sollte; um hier keine missbräuchliche Anwendung zu provozieren, wurde vorgesehen, dass derartige Ausnahmefälle immer des Einvernehmens des Staatsministeriums bedürfen. Es handelt sich in diesen Fällen um sog. „Leuchtturmberufungen“, bei der die „Genieklausel“ zur Anwendung kommt [12]. Nur bei diesen ist in Bayern (anders als zB in Niedersachsen, vgl. § 26 Abs. 1 Satz 2 Nr. 3 NHG und in Nordrhein-Westfalen, vgl. § 38 Abs. 1 Satz 4 HG NRW) im Rahmen von Bleibeverhandlungen eine „Beförderung“ eines Professors oder einer Professorin von W 2 nach W 3 ohne Ausschreibung möglich (sog. „fast track“). Die Ausnahmen nach Art. 18 Abs. 3 Satz 3, Abs. 3 Satz 4 Nr. 1 und Abs. 3 Satz 5 BayHSchPG haben vor allem Bedeutung für sog. „tenure track“-Verfahren. Verfassungsrechtlich könnte indes zweifelhaft sein, ob das Absehen von der Ausschreibung einer Professur dem in Art. 33 Abs. 2 GG, Art. 94 Abs. 2, 116 BV verankerten Prinzip der Bestenauslese widerspricht [13]. Dagegen spricht allerdings, dass die Auswahlentscheidung im Rahmen der Bestenauslese im Sinne der Art. 33 Abs. 2 GG, Art. 94 Abs. 2 BV, 116 BV zeitlich auf die erste Berufung vorverlagert ist – eine getrennte Betrachtung beider Berufungen und eine separate Ausschreibung können demnach entfallen [14].

b) Sonderkonstellationen

Ein Absehen von der Ausschreibung kommt darüber hinaus nach hier vertretener Auffassung erst recht in Betracht, wenn eine Berufung in ein Beamtenverhältnis auf Probe erfolgt und lediglich die Arbeitszeit von Teilzeit auf Vollzeit aufgestockt wird (arg. a maiore ad minus). Auch dann handelt es sich nämlich um „dieselbe“ Professur. Aus der ratio legis des Art. 18 Abs. 3 Satz 3 BayHSchPG und dem Regelungszusammenhang des Art. 18 Abs. 3 BayHSchPG folgt zudem, dass bei Änderung der fachlichen Ausrichtung einer Professur eine Ausnahme von der Ausschreibungspflicht nicht geboten ist; ändert sich die fachliche Ausrichtung, kann nicht mehr von „derselben“ Professur gesprochen werden. Eine bloße Änderung des Status des betreffenden Professors bzw. der Professorin vom Angestellten- zum Beamtenstatus oder die Änderung seiner oder ihrer Arbeitszeit hat auf die inhaltliche Ausrichtung der Professur keinen Einfluss. Nachdem Art. 18 Abs. 3 BayHSchPG aber gerade die fachliche Ausrichtung bzw. deren Änderung zum Abgrenzungskriterium zwischen Ausschreibungspflicht und Absehen davon als maßgebliches Kriterium im Auge hat, ist keine Ausschreibungspflicht gegeben, wenn eine Berufung in ein Beamtenverhältnis auf Probe erfolgt und sich nur die Arbeitszeit ändert. Eine Ausschreibung ist demnach auch dann nicht nötig, wenn ein Professor oder eine Professorin auf eine Vollzeitstelle berufen wird, dann auf Antrag in Teilzeit arbeitet und später wieder auf Vollzeit aufgestockt wird. Gleiches gilt nach hier vertretener Auffassung bei der Verlängerung einer befristeten Professur um einige Monate; in derartigen Fällen sollte auch kein Berufungsverfahren verlangt werden, da dies nur als unnötige Formalität erscheint und nicht der Sicherung der Bestenauslese i.S. des Art. 33 Abs. 2 GG und der Art. 94 Abs. 2, 116 BV dienen würde. Entsprechende Klarstellungen im Gesetzestext wären allerdings de lege ferenda angezeigt.

2. Berufungsausschuss und Berichterstatter

1. Berufungsausschuss

Bezüglich der Zusammensetzung des Berufungsausschusses i.S. des Art. 18 Abs. 4 BayHSchPG stellt sich die Frage, ob es rechtlich zulässig ist, weitere Mitglieder als die in der Vorschrift genannten zu bestellen. Nach

hier vertretener Auffassung ist Art. 18 Abs. 4 BayHSchPG nicht als abschließende Regelung anzusehen, so dass es auch möglich ist, zusätzliche Mitglieder in einen Berufungsausschuss aufzunehmen, zB bei Stiftungsprofessuren den Stifter oder die Stifterin als beratendes Mitglied. Denn Sinn der Regelungen zur Zusammensetzung des Berufungsausschusses ist es in erster Linie, den Einfluss der Wissenschaft auf die Stellenbesetzung durch die Professoren und Professorinnen sicherzustellen [15]; dieser Zweck wird auch erreicht – solange die Mindestbedingungen des Art. 18 Abs. 4 BayHSchPG erfüllt sind – wenn dem Berufungsausschuss weitere Mitglieder angehören. Bei zusätzlichen Mitgliedern mit Stimmrecht ist deshalb zu beachten, dass die vorgeschriebenen Mehrheitsverhältnisse eingehalten werden.

Beim Berufungsausschuss handelt es sich des Weiteren nicht um ein Gremium i.S.d. Art. 39 BayHSchG, da er sich nicht nach Mitgliedergruppen zusammengesetzt, sondern nach Maßgabe des Art. 18 BayHSchPG, so dass Art. 39 BayHSchG nicht anwendbar ist. Deshalb kann ein Dekan oder eine Dekanin Mitglied des Berufungsausschusses sein [16]. Nach der Rechtsprechung haben die Mitglieder des Ausschusses keine organschaftlichen Rechte, da nicht jede Mitgliedschaft in einem Gremium organschaftliche, „wehrfähige“ Rechtspositionen begründet [17]. Der Berufungsausschuss selbst ist kein Organ [18] mit selbständiger Rechtsposition, sondern nur dem Organ Fakultätsrat zugeordnet. Dass die Arbeit des Ausschusses nur intern, akzessorisch und dem Fakultätsrat zugeordnet ist, ergibt sich nach der Rechtsprechung auch daraus, dass bei einem beabsichtigten Abweichen der Hochschulleitung vom Berufungsvorschlag des Berufungsausschusses nicht dieser, sondern der Fakultätsrat gemäß Art. 18 Abs. 5 Satz 3 BayHSchPG zu hören ist.

2. Berichterstatter

Die aus Art. 18 Abs. 2 BayHSchPG folgende Verpflichtung der Hochschulleitung, für jedes Berufungsverfahren in der Regel einen Berichterstatter oder eine Berichterstatterin zu bestellen, dient nach Vorstellung der Staatsregierung gerade auch dieser Beschleunigung des Berufungsverfahrens [19]. In der Praxis leistet der Berichterstatter oder die Berichterstatterin allerdings häufig keinen eigenen Beitrag im Berufungsverfahren, so dass seine oder ihre Bestellung als überflüssige

Formalie angesehen wird. Die „Begleitung“ des Berufungsverfahrens durch den Berichterstatter oder die Berichterstatterin, seine bzw. ihre Teilnahme an Berufungsausschusssitzungen und seine bzw. ihre Stellungnahme zum Berufungsvorschlag i.S. des Art. 18 Abs. 2 Satz 2 BayHSchPG bedeutet meist, dass lediglich festgestellt wird, dass das Berufungsverfahren ordnungsgemäß durchgeführt wurde, was durch die Hochschulverwaltung ohnehin geprüft werden muss. De lege ferenda sollte deshalb überlegt werden, den Berichterstatter oder die Berichterstatterin entweder abzuschaffen oder seine oder ihre Bestellung als fakultativ zu regeln. Nach der Rechtsprechung [20] hat der Berichterstatter oder die Berichterstatterin lediglich die Stellung eines Beobachters bzw. einer Beobachterin für die Hochschulleitung; für die Entscheidung der Berufungskommission ist seine oder ihre Mitwirkung deshalb nicht konstitutiv. Daher ist z.B. auch das Fehlen eines Berichterstatters oder einer Berichterstatterin in einer entscheidenden Sitzung der Berufungskommission unschädlich [21].

3. Aufstellung und Inhalt des Berufungsvorschlages

1. Würdigung der Eignung

Gemäß Art. 18 Abs. 4 Satz 11 BayHSchPG enthält der Berufungsvorschlag eine Würdigung der fachlichen, pädagogischen und persönlichen Eignung der Bewerberinnen bzw. Bewerber um die Professur. Bei der Beurteilung dieser Kriterien besteht wie zB im Rahmen beamtenrechtlicher Beurteilungen ein Beurteilungsspielraum [22]. Die verwaltungsgerichtliche Kontrolle beschränkt sich demgemäß darauf, ob der anzuwendende Begriff oder der gesetzlichen Rahmen verkannt wurde, ob von einem unrichtigen Sachverhalt ausgegangen wurde, allgemeingültige Wertmaßstäbe nicht beachtet wurden, sachfremde Erwägungen angestellt oder gegen Verfahrensvorschriften verstoßen wurde. [23] Die Rechtsprechung [24] hat bezüglich der Dokumentation der Gründe, die zum Ausschluss eines Bewerbers oder einer Bewerberin führen, strenge Maßstäbe angelegt. Dabei geht es vor allem um die Frage, wie ausführlich zu jeder einzelnen Bewerbung Stellung genommen werden muss, die in der ersten Auswahlrunde aus dem Kreis der zur Probevorlesung Einzuladenden herausgenommen wird – gerade dieses „frühe“ Stadium des Berufungsverfahrens ist besonders

missbrauchsanfällig. Die Rechtsprechung stellt sich dabei auf den Standpunkt, im Hinblick auf den gerichtlich nur eingeschränkt überprüfbaren Beurteilungsspielraum sei es besonders wichtig, dass die erforderlichen Erwägungen in Kenntnis der maßgeblichen Fakten tatsächlich angestellt würden und dies in nachprüfbarer Weise auch „hinreichend“ dokumentiert werde; dies diene zum einen der Selbstkontrolle derjenigen, die die Auswahlentscheidung zu treffen haben, zum anderen aber auch der Gewährleistung wirksamen Rechtsschutzes im Rahmen einer gerichtlichen Überprüfung der Auswahlentscheidung [25]. Der Berufungsausschuss müsse demnach die Gesamtqualifikation der einzelnen Bewerber und Bewerberinnen wenigstens summarisch vergleichen. Ein Ausscheiden von Bewerbern oder Bewerberinnen nur aufgrund einzelner Aspekte werde dem jedoch nicht gerecht [26]. Im Zweifel ist daher für die Praxis anzuraten, zu jeder einzelnen Bewerbung zu allen die Qualifikation betreffenden Kriterien zumindest in einigen Sätzen schriftlich im Protokoll Stellung zu nehmen, auch wenn dies mit erheblichem Aufwand verbunden ist.

Die Würdigung i.S. des Art. 18 Abs. 4 Satz 11 BayHSchPG muss ferner vergleichend sein, d.h. die Bewerber bzw. Bewerberinnen müssen hinsichtlich der zu bewertenden Kriterien jeweils für sich beurteilt und dann untereinander verglichen werden. Je nach den spezifischen Anforderungen an die Professur muss der Berufungsausschuss sodann die gewählte Reihenfolge im Berufungsvorschlag begründen. Die Hochschule ist nach der Rechtsprechung [27] bei der Würdigung i.S. des Art. 18 Abs. 4 Satz 11 BayHSchPG jedoch nicht verpflichtet, Bewerber oder Bewerberinnen bei mehreren Ausschreibungsverfahren der Professur jedesmal Gelegenheit zu geben, seine oder ihre Eignung für die ausgeschriebene Stelle durch Erbringung von weiteren Probevorlesungen unter Beweis zu stellen. Wenn also eine Stelle dreimal ausgeschrieben wird, muss die Hochschule Bewerber und Bewerberinnen nicht in allen drei Fällen einladen. Denn das Recht des Bewerbers oder der Bewerberin auf eine fehlerfreie Ausübung von Ermessens- und Beurteilungsspielräumen bzw. auf eine faire und chancengleiche Behandlung seiner oder ihrer Bewerbung ist gewahrt, wenn die fachliche, pädagogische und persönliche Eignung eingehend und vergleichend gewürdigt wird (auch wenn dies aufgrund nur zweier Probevorlesungen geschieht).

2. Gutachten

Nach Art. 18 Abs. 4 Satz 5 Hs. 1 BayHSchPG wird der Berufungsvorschlag „unter Einholung“ auswärtiger und vergleichender Gutachten aufgestellt. Aus der Formulierung, dass der Berufungsvorschlag „unter Einholung“ der Gutachten erstellt werden muss, folgt, dass die Gutachten zeitlich vor der Aufstellung des Berufungsvorschlages vorliegen müssen. „Unter Einholung“ meint, dass sich der Berufungsausschuss mit entsprechender Begründung nicht zwingend an die von den Gutachten vorgeschlagene Reihenfolge der Listenkandidaten halten muss, er muss sie nur unter sachlichen Kriterien bei seiner Entscheidungsfindung würdigen. „Vergleichend“ bedeutet, dass das jeweilige Gutachten zunächst jeden Kandidaten, der auf die Liste kommt, anhand der Beurteilungskriterien (fachliche, pädagogische und persönliche Eignung, Leistung und Befähigung i.S. des Art. 7 BayHSchPG) begutachten muss und sodann die Kandidaten untereinander. Vergleichenden Gutachten kommt gerade dann, wenn sie übereinstimmen, eine gesteigerte Bindungswirkung gegenüber dem Berufungsausschuss zu [28]. Dem Sinn und Zweck der Gutachten als Entscheidungshilfe entsprechend soll nach der Rechtsprechung [29] die beauftragten Gutachter und Gutachterinnen ihr Gutachten unvoreingenommen erstellen; damit ist es nicht vereinbar, wenn der oder die Vorsitzende des Berufungsausschusses dem Gutachter oder der Gutachterin ein gewünschtes („hilfreiches“) Ergebnis der Reihung mitteilt. Dem ist zuzustimmen, da in solchen Fällen zwar grundsätzlich eine unvoreingenommene Prüfung der (vorläufigen) Reihung durch den Berufungsausschuss durch die Gutachter bzw. Gutachterinnen nicht von vornherein ausgeschlossen ist. Es besteht jedoch umgekehrt keine Notwendigkeit zu derartigen Mitteilungen an die Gutachter oder Gutachterinnen, da sich diese ohne weiteres durch Teilnahme an den Probevorlesungen einen vollständigen Eindruck der Kandidaten und Kandidatinnen verschaffen können, der eine Mitteilung der Reihung entbehrlich macht. In diesen Fällen ist ein neues Gutachten einzuholen, mit dem ein anderer Gutachter oder eine andere Gutachterin beauftragt werden muss.

3. Dreierliste

Gemäß Art. 18 Abs. 4 Satz 5 BayHSchPG ist für den Regelfall eine „Dreierliste“ erforderlich. Liegt eine solche Dreierliste vor und der

oder die auf Platz 1 gesetzte Person sagt danach ab, ergibt sich eine Zweierliste, so dass die bisherige Nr. 2 auf Platz 1 vorrückt [30]. Zur Aufnahme von Bewerbern und Bewerberinnen in den Berufungsvorschlag, die der Berufungsausschuss nicht für hinreichend geeignet erachtet, zwingt Art. 18 Abs. 4 Satz 5 BayHSchPG jedoch nicht, da ein „Auffüllen“ mit schlechter qualifizierten Bewerbern und Bewerberinnen nicht dem Sinn der Regelung entspricht, der darin besteht, der Hochschulleitung eine gereichte Auswahl an geeigneten Kandidaten und Kandidatinnen zu präsentieren [31]. Eine „Einerliste“ [32] kommt vor allem dann in Betracht, wenn nach mehreren Ausschreibungen nur ein geeigneter Kandidat oder eine geeignete Kandidatin gefunden werden konnte, nicht jedoch, wenn nur festgestellt wird, dass ein Kandidat oder eine Kandidatin aus den eingegangenen Bewerbungen besonders herausragt [33].

4. Rolle des Senats

Dem Senat kommt nach Art. 18 Abs. 5 Satz 1 BayHSchPG die Möglichkeit der „Stellungnahme“ zu. Das bedeutet nicht, dass der Berufungsvorschlag von der Zustimmung des Senats abhängig wäre oder dass der Senat einen eigenen Berufungsvorschlag machen könnte. In der Literatur wird zum Inhalt der Stellungnahme des Senats vertreten, Aufgabe dieses Gremiums sei es nicht, eine Bewertung der Bewerbungen vorzunehmen, sondern die Auswirkungen auf die Interessen der gesamten Hochschule zu berücksichtigen [34]. Eine fachliche Einbindung des Senats in das Berufungsverfahren ist auch nicht möglich, da die Senatsmitglieder gar nicht die erforderliche Sachkompetenz haben, die fachliche Eignung von Kandidaten oder Kandidatinnen zu prüfen [35]. Damit stellt sich die Frage, welchen Sinn eine Befassung des Senats mit dem Berufungsvorschlag hat. Die vage Diskussion von „Interessen der Hochschule“ rechtfertigt jedenfalls nicht die Befassung dieses Gremiums, so dass der Senat de lege ferenda aus dem Berufungsverfahren ausgeklammert werden sollte. Man könnte die Befassung des Senats allenfalls unter dem Aspekt der Transparenz von Berufungsverfahren gerechtfertigt ansehen, die dem Schutz vor missbräuchlichen Tendenzen oder Vetternwirtschaft dienen könnte, also letztlich in einer Art Kontrollfunktion. Diesem Schutz dienen aber bereits genügend die in Art. 18 BayHSchPG beschriebenen weiteren Mechanismen bis hin zur Befassung der

Hochschulleitung, so dass kein Bedürfnis besteht, auch noch den Senat zu beteiligen.

4. Abschluss des Berufungsverfahrens

Den Abschluss des erfolgreichen Berufungsverfahrens bildet der Ruf auf die Professur. Zuvor besteht die Möglichkeit der Änderung oder Rückgabe des Berufungsvorschlags sowie unter bestimmten Voraussetzungen des kompletten Abbruchs des Besetzungsverfahrens.

1. Rechtsnatur des Rufes

Vor der Ernennung gemäß § 8 BeamtStG bzw. des Abschlusses eines Dienstvertrages erhält der oder die Erstlistenplatzierte einen Ruf der Hochschule. Die Rechtsnatur dieses Rufes ist umstritten. Die h.M. [36] sieht den Ruf nicht als begünstigenden Verwaltungsakt an, da mit ihm dem Bewerber oder der Bewerberin nicht das Versprechen der Einstellung gemacht, sondern lediglich die Auswahlentscheidung mitgeteilt wird. Mit dem Ruf wird ferner die Bereitschaft mitgeteilt, mit dem Adressaten oder der Adressatin in Berufungsverhandlungen einzutreten. Zur Einleitung des Einstellungsverfahrens kommt es nur dann, wenn die Berufungsverhandlungen erfolgreich abgeschlossen worden sind.

2. Änderung oder Rückgabe der Liste

Der Präsident oder die Präsidentin ist nach § 2 Abs. 1 Satz 2 BayBerufV an die Reihung des Berufungsvorschlags nicht gebunden; er oder sie kann den Berufungsvorschlag insgesamt zurückgeben. Allerdings ist zu beachten, dass der Präsident oder die Präsidentin auch bei diesen Entscheidungen an die Kriterien des Art. 33 Abs. 2 GG und der Art. 94 Abs. 2 BV und Art. 116 BV gebunden sind. Als Gründe für eine Rückgabe der Liste kommen zB in Betracht: Widersprüchliche Begründung des Berufungsvorschlags, Übergehen eines offensichtlich geeigneten Bewerbers oder einer entsprechenden Bewerberin, fehlende Übereinstimmung von Kandidaten und Kandidatinnen mit den Anforderungen der Stellenausschreibung [37].

3. Abbruch des Stellenbesetzungsverfahrens

Eine weitere Entscheidungsalternative ist der Abbruch des Stellenbesetzungsverfahrens. Die Hochschulleitung kann bis zum Abschluss des Berufungsverfahrens durch Aushändigung

der Ernennungsurkunde von der einmal gefassten Besetzungsabsicht grundsätzlich Abstand nehmen, wenn dafür sachliche Gründe vorliegen [38]. Ein derartiger sachlicher Grund ist etwa anzunehmen, wenn sich der Berufungsausschuss bei der Erstellung des Berufungsvorschlags nach zuvor nicht konsensfähigen Dreier-Listen nur auf eine Einer-Liste verständigen kann, und der Kandidat oder die Kandidatin, auf den oder die allein man sich hatte einigen können, wegen einer anderweitigen Berufung seine oder ihre Bewerbung zurückzieht [39], wenn sich zwischenzeitlich ergibt, dass das Anforderungsprofil aufgrund neu eingeführter Studiengänge ändert oder wenn sich weniger als drei geeignete Kandidaten und Kandidatinnen bewerben. Die Entscheidung über den Abbruch eines Berufungsverfahrens für eine nicht besetzte Professur stellt im Übrigen keinen Verwaltungsakt, sondern einen gem. § 44a VwGO nicht isoliert anfechtbaren Verfahrensschritt dar; diese Entscheidung hat nicht die nach Art. 35 Satz 1 VwVfG erforderliche Regelungswirkung, weil sie nicht unmittelbar auf die Herbeiführung einer Rechtsfolge gerichtet ist [40]. Wenn sich durch den aus sachlichen Gründen erfolgten Abbruch eines Berufungsverfahrens die ursprünglich auf Neubescheidung des erfolglosen Bewerbers oder der erfolglosen Bewerberin gerichtete Klage erledigt, setzt ein Fortsetzungsfeststellungsinteresse voraus, dass etwaige Fehler des erledigten Berufungsverfahrens in einem zu erwartenden neuen Berufungsverfahren gegenüber dem Kläger oder der Klägerin wiederholt werden [41]. Gegen den Abbruch eines Auswahlverfahrens ist einstweiliger Rechtsschutz und im Hauptsacheverfahren eine auf Fortsetzung des Auswahlverfahrens gerichtete Leistungsklage möglich [42].

3. Sonderfall: Ablehnung des Rufs durch alle Listenplatzierten

Lehnen alle Listenplatzierten den Ruf ab, stellt sich die Frage, ob die Hochschule ein komplett neues Berufungsverfahren „aufrollen“ muss (also incl. Ausschreibung, Bildung des Berufungsausschusses etc.) oder ob der Berufungsausschuss in diesem Fall aus den verbliebenen Bewerbungen einen neuen Berufungsvorschlag nach Art. 18 Abs. 4 Satz 5 BayHSchPG erstellen kann. Sofern und soweit listenfähige Kandidaten und Kandidatinnen vorhanden sind, spricht im Hinblick auf Art.

33 Abs. 2 GG nichts dagegen, wenn sich der Berufungsausschuss für die letztgenannte Variante entscheidet; der Zweck des gesamten Berufungsverfahrens (Bestenauslese für die zu besetzende Professur) wird dadurch nicht gefährdet. Dem Berufungsausschuss sollte in diesem Zusammenhang ein Wahlrecht zugebilligt werden, für welches Vorgehen er sich entscheidet. Entscheidet er sich für die erneute Durchführung des Berufungsverfahrens, sind vorhandene Bewerbungen einzubeziehen.

5. Konkurrentenstreitverfahren

1. Bewerbungsverfahrensanspruch

Bewerber und Bewerberinnen um ein Professorenamt haben einen nach Art. 33 Abs. 2 GG verbürgten Anspruch auf rechtsfehlerfreie Anwendung der gesetzlichen Vorschriften [43]. Bewerber und Bewerberinnen um ein Professorenamt haben einen Anspruch darauf, dass der Dienstherr die Bewerbung nur aus Gründen zurückweist, die durch den Leistungsgrundsatz gedeckt sind (Bewerbungsverfahrensanspruch) [44]. Nach der Rechtsprechung [45] gilt, dass wenn dieses Recht durch eine fehlerhafte Auswahlentscheidung verletzt werde, der unterlegene Bewerber oder die unterlegene Bewerberin eine erneute Entscheidung über seine oder ihre Bewerbung zumindest dann verlangen könne, wenn seine oder ihre Auswahl möglich erscheint und seine oder ihre Chancen, beim zweiten Mal ausgewählt zu werden, somit zumindest offen sind. Allerdings könne der nicht zum Zuge gekommene Bewerber oder die nicht zum Zuge gekommene Bewerberin grundsätzlich nicht gerichtlich feststellen lassen, dass er oder sie anstelle des ihm vorgezogenen Konkurrenten oder der Konkurrentin hätte ausgewählt werden müssen. Vielmehr sei es im Hinblick auf den Beurteilungs- und Ermessensspielraum des Dienstherrn oder der Dienstherrin bei der Auswahlentscheidung grundsätzlich nicht Aufgabe des Gerichts, den besser geeigneten Bewerber oder die besser geeignete Bewerberin zu bestimmen und eine eigene Prognose der Erfolgsaussichten der Bewerbung vorzunehmen. Wegen des der Hochschule zustehenden Beurteilungsspielraums könne die Auswahlentscheidung aber nur daraufhin überprüft werden, ob sie verfahrensfehlerfrei zustande gekommen ist und ob der Beurteilungsspielraum überschritten ist,

etwa weil die Entscheidung erkennbar auf der Verknennung von Tatsachen oder auf sachfremden Erwägungen beruht. Zur Gerichtszuständigkeit hat der BayVGH [46] jüngst entschieden: Soll eine Professorenstelle an einer staatlich anerkannten privaten Hochschule in einem privatrechtlichen Dienstverhältnis besetzt werden, sind für Rechtsstreitigkeiten zwischen einem Bewerber und dem Träger der Hochschule ausschließlich die Gerichte für Arbeitssachen zuständig - das gilt auch dann, wenn die Bewerbung daran scheitert, dass das zuständige Ministerium die nach Hochschulrecht erforderliche Beschäftigungsgenehmigung wegen der nicht ausreichenden Qualifikation des Bewerbers ablehnt.

2. Grundsatz der Ämterstabilität

Bewerbungsverfahrensansprüche laufen jedoch grundsätzlich ins Leere, wenn eine Ernennung erfolgt ist (Grundsatz der Ämterstabilität). Nach der neueren Rechtsprechung [47] gilt dieser Grundsatz allerdings nicht mehr schrankenlos. Danach können Bewerbungsverfahrensansprüche mit einer Anfechtungsklage gegen die Ernennung weiterverfolgt werden, wenn unterlegene Bewerber und Bewerberinnen unter Verstoß gegen Art. 19 Abs. 4 Satz 1 GG daran gehindert worden ist, seine oder ihre Rechtsschutzmöglichkeiten vor der Ernennung auszuschöpfen. Um diesen Rechtsschutz zu ermöglichen, treffen den Dienstherrn folgende Pflichten [48]:

- Mitteilung der Auswahlentscheidung vor der Ernennung an unterlegene Bewerber und Bewerberinnen. Unterlässt der Dienstherr die Mitteilung, so kann er im Rahmen einer Anfechtungsklage eines übergangenen Bewerbers bzw. einer übergangenen Bewerberin gegen die Ernennung nicht erstmals im verwaltungsgerichtlichen Verfahren die Auswahlerwägungen vortragen oder gar erst anstellen – ein prozessuales Verwertungsverbot der erstmals im gerichtlichen Verfahren vom Dienstherrn vorgenommenen oder vorgetragenen Auswahlerwägungen ergibt sich aus einem Verstoß gegen § 114 S. 2 VwGO und Art. 19 Abs. 4 GG. [49]
- Einhaltung einer Zwei-Wochen-Frist ab Zugang der Mitteilung über die Ablehnung der Bewerbung.

- Ggf. Abwarten eines Verfahrens nach § 123 VwGO.
- Nochmals Abwarten einer „angemessenen“ Zeit, um den unterlegenen Bewerbern und Bewerberinnen die Möglichkeit zu lassen, das BVerfG anzurufen. Nach neuester Rechtsprechung des BVerfG [50] kann das Grundrecht des unterlegenen Bewerbers bzw. der unterlegenen Bewerberin um eine Professorenstelle auf effektiven Rechtsschutz nach Art. 19 Abs. 4 GG gebieten, bei der Folgenabwägung im Verfahren nach § 32 BVerfGG dem drohenden irreparablen Rechtsschutzverlust im Hinblick auf den Bewerbungsverfahrensanspruch ein größeres Gewicht beizumessen als den Interessen des auf die Professur Berufenen, des betroffenen Instituts und der Heimatuniversität des Berufenen an einer Besetzung der Stelle ohne weitere Verzögerungen.

Führen alle Versuche des unterlegenen Bewerbers bzw. der unterlegenen Bewerberin, die Ernennung des Konkurrenten bzw. der Konkurrentin zu verhindern, nicht zum Ziel, bleibt für den oder rechtlich korrekt ausgewählte/n Professor/in der Nachteil, dass seine bzw. ihre Ernennung durch die (unberechtigten) Rechtsmittel zeitlich verzögert wird. Er oder sie hat keinerlei Möglichkeit einer prozessualen Gegensteuerung gegenüber einer Verzögerung einer materiell-rechtlich gebotenen Ernennung, selbst dann nicht, wenn der Mitbewerber bzw. die Mitbewerberin mit dem von ihm bzw. ihr gestellten Antrag auf Erlass einer einstweiligen Anordnung bereits sowohl vor dem VG wie auch vor dem VGH gescheitert ist [51].

6. Literatur

- [1] Vgl. dazu z.B. BayVGH, BayVBl. 2012, 601; VerfGHE 33, 65 ff. = BayVBl. 1980, 462 ff. = NVwZ-RR 2012, 723/724.
- [2] Vgl. dazu z.B. BVerfGE 111, 333 ff. = NVwZ 2005, 315/316; VG Leipzig, SächsVBl. 2008, 147 ff.
- [3] Vgl. dazu z.B. Sandberger, LHG BW, 2013, § 48 Rn. 8 mwN; OVG Bautzen, BeckRS 2010, 47694 m.w.N.; VG Halle, BeckRS 2012, 47678; Knopp, in: Knopp/Peine, BgbHG, 2. Aufl. 2012, § 38 Rn. 103 m.w.N.; Knopp, LKV 2008, 494; Kurz, in: Nolden/Rottmann/Brinktrine/Kurz, SächsHG, 2011, S. 291 m.w.N.; LAG M-V, B. v. 27.6.2013 – 3 Ta 6/13 – juris; BVerwG, NVwZ 2009, 1569 ff.; OVG Münster, NWVBl. 2013,

- 291 ff.; VGH Kassel, LKRZ 2007, 146 ff.; VGH Mannheim, VBIBW 2009, 69 ff.
- [4] Vgl. Scheuren-Brandes/Schomburg, HmbHG, § 79 Rn. 6.[5] Vgl. Herrmann, Die Berufung von Professorinnen und Professoren, 2007, S. 167 f.
- [6] A.A. Knopp, in: Knopp/Peine, BgbHG (Fn. 4), § 38 Rn. 37, der ohne weiteres davon ausgeht, dass Studiengänge benannt werden.
- [7] Vgl. BayVGh, B. v. 5.1.2012 – 7 CE 11.1432 – juris; BayVGh, BayVBl. 2012, 599.
- [8] Ebd.
- [9] Vgl. VG Magdeburg, B. v. 17.12.2012 – 7 B 28/12 – juris; VG Wiesbaden, NVwZ-RR 1996, 207/208.
- [10] Vgl. BayVGh, BayVBl. 2011, 602.
- [11] Vgl. OVG Münster, B. v. 10.6.2011 - 1 A 1125/09 - juris; OVG Bremen, B. v. 20.8.2010- 2 B 162/10 – juris; BayVGh, BayVBl. 2010, 115/116; BayVGh, BayVBl. 2013, 308; OVG Münster, NVwZ-RR 2011, 65/66; OVG Bautzen, NVwZ-RR 1999, 209/210.
- [12] Vgl. Neuhäuser, WissR 2012, 248/274 unter Hinweis auf die seiner Ansicht nach vorhandene Verletzung von Art. 33 Abs. 2 GG.
- [13] Vgl. Neuhäuser, WissR 2012, 248/271 und die zahlreichen Nachweise bei Herrmann (Fn. 6), S. 172 ff.
- [14] Für Ausschreibungsverzicht, aber Durchführung des Berufungsverfahrens auch nur mit einem Kandidaten bzw. einer Kandidatin bei den einzelnen Stufen des tenure track-Verfahrens Knopp, in: Knopp/Peine (Fn. 4), § 38 Rn. 44.
- [15] Vgl. BVerfGE 35, 79/144.
- [16] A.A., allerdings ohne Begründung: Reich, HSchPG, Art. 18 Rn. 16.
- [17] Vgl. OVG Berlin, B. v. 9.11.2004 - 8 S 146.04 –juris.
- [18] Vgl. VG München, BeckRS 2010, 32920.
- [19] Vgl. LT-Drs. 15/4397 S. 26.
- [20] Vgl. BayVGh, BayVBl. 2012, 599.
- [21] Ebd.
- [22] Vgl. dazu nur BVerfGE 39, 334/354; BVerwGE 39, 334/354; 56, 31/47; 59, 213/216 ff.; 60, 245; 61, 176; 124, 356/358; Neuhäuser, WissR 2012, 248/253.
- [23] Ebd.
- [24] Vgl. BayVGh, BayVBl. 2012, 599.
- [25] Ebd.
- [26] Ebd.
- [27] Vgl. VG Augsburg, B. v. 15.6.2011, Au 2 E 11.617 – juris.
- [28] Vgl. Herrmann (Fn. 6), S. 212 ff. m.w.N.
- [29] Vgl. BayVGh, BayVBl. 2011, 602.
- [30] Zur Zulässigkeit eines sog. Sperrvermerks, wonach bei einer Dreierliste bei Absage von Platz 1 der Berufungsvorschlag wieder an den Berufungsausschuss zurückgeht, vgl. Wolff/Ziedek, WissR 2012, 327 ff.
- [31] Vgl. BayVGh, B. v. 29.09.2010 - 7 CE 10.1827 - juris.
- [32] Vgl. dazu auch BayVGh, NVwZ-RR 1999, 641/642.
- [33] Vgl. Herrmann (Fn. 6), S. 208.
- [34] Vgl. Reich, HSchPG Art. 18 Rn. 32.
- [35] Vgl. BayVerfGH, BayVBl. 2008, 592 ff. = NVwZ 2009, 177/181 m.w.N.
- [36] Vgl. nur BVerwGE 106, 187 ff.; VG Wiesbaden, NVwZ-RR 1996, 207 m.w.N. A.A. (verbindliche Zusicherung der Anstellung) Reich, DÖV 2004, 413; Epping, WissR 1992, 166/179.
- [37] Vgl. Herrmann (Fn. 6), S. 371 m.w.N.
- [38] Vgl. BVerfG, RiA 2012, 29 ff.; OVG Bremen, WissR 2011, 328; VG Wiesbaden, NVwZ-RR 1996, 207/208; VGH Kassel, HessVGRspr 1993, 6/7.
- [39] Vgl. OVG Münster, NVwZ-RR 2011, 65/66.
- [40] Vgl. OVG Bremen, NVwZ-RR 2011, 767.
- [41] Vgl. BayVGh, NVwZ-RR 2012, 723.
- [42] Vgl. VGH Kassel, ZBR 2013, 391.
- [43] Vgl. nur BVerwGE 86, 169/172; BVerwG, DVBl. 1985, 1233; VGH Kassel, NVwZ-RR 1993, 361; BayVGh, BayVBl. 2011, 602.
- [44] Vgl. BVerwG, BayVBl. 2011, 275 ff. = NVwZ 2011, 358; BayVBl. 2005, 669 ff. = NVwZ 2005, 457; BayVBl. 2006, 224 ff. = NVwZ 2006, 212; Neuhäuser, WissR 2012, 248 ff.; Sandberger, LHG BW, 2013, § 48 Rn. 6.
- [45] Vgl. BayVGh, B. v. 5.1.2012 – 7 CE 11.1432 – juris; vgl. auch VG München, B. v. 8.7.2010 - M 3 E 09.3182 -juris.
- [46] Vgl. BayVGh, B. v. 7.4.2014 - 7 C 14.408, BeckRS 2014, 50065.
- [47] Vgl. BVerwG, BayVBl. 2011, 275 ff. = NVwZ 2011, 358/359; dazu Herrmann, NJW 2011, 653 ff.; BVerwG, BeckRS 2012, 53684; BayVGh, BeckRS 2013, 50087; OVG Münster, BeckRS 2012, 47647.
- [48] Vgl. BVerwG, BayVBl. 2011, 275 ff. = NVwZ 2011, 358/359; BayVBl. 2004, 696 ff. = NVwZ 2004, 1257, BayVBl. 2009, 474 f. = NVwZ 2009, 787; VGH Kassel, NVwZ-RR 1992, 34/35; VG Gießen, NVwZ-RR 1996, 661/662. Die danach erforderlichen Mitteilungen erfolgen in der Praxis

am zweckmäßigsten durch die Personalabteilung der Hochschule.

[49] Vgl. instruktiv Lindner, NVwZ 2013, 547/550.

[50] Vgl. BVerfG, NVwZ 2014, 329/330.

[51] Vgl. Schenke, NVwZ 2011, 231/326 unter Hinweis darauf, dass der oder die Betroffene inzwischen die Altersgrenze überschritten haben und deshalb nicht mehr ernannt werden könnte.



Dr. Gregor Biletzki

Gregor Biletzki hat an der Fakultät für Rechtswissenschaft der Universität Regensburg studiert und promoviert. Nach seiner Tätigkeit als Richter am Amtsgericht war er zuerst Mitarbeiter des Bayerischen Wirtschaftsministeriums und dann Vizekanzler an der Ostbayerischen Technischen Hochschule Regensburg. Seit 2007 bekleidet er das Amt des Kanzlers an der Technischen Hochschule Deggendorf. Sein wissenschaftliches Interesse gilt insbesondere Themen und Fragestellungen auf dem Gebiet des Hochschulrechts und des Beamtenrechts.

Gregor Biletzki studied Law at Regensburg University, where he also obtained his doctorate. After serving as a judge at a local court, he was employed at the Bavarian Ministry of Economics and then took on the position of Vice-Chancellor at Ostbayerische Technische Hochschule Regensburg. He has been Chancellor at Deggendorf Institute of Technology since 2007. His academic interests lie in the fields of higher education law and civil service law.

Kontakt / Contact

✉ gregor.biletzki@th-deg.de

Nachdruck von:

Gregor Biletzki, 2014
 Rechtsfragen des Professorenberufungsverfahrens in Bayern
 Bayerische Verwaltungsblätter (BayVBl.) - Zeitschrift für öffentliches Recht und öffentliche Verwaltung, 145 (19), 581 ff.

Kommunale Gesundheitsförderung mit System

Community-based health promotion - a systematic approach

Erich Wühr

Gesundheitsförderung und Prävention
Gesundheitscampus Bad Kötzing
Technische Hochschule Deggendorf

Horst Kunhardt

Gesundheitsinformatik und
Gesundheitsmanagement
Technische Hochschule Deggendorf

ABSTRACT

Diese Monografie basiert auf unserem derzeitigen Wissens- und Erfahrungsstand. Sie klärt zunächst die Begriffe und grenzt sie gegeneinander ab. Anschließend beschreibt sie die relevanten internationalen und nationalen Rahmenbedingungen der kommunalen Gesundheitsförderung.

Das Kernstück der Monografie ist die Beschreibung einer idealen kommunalen Gesundheitsförderung, die der Analyse der Ausgangssituation in einer Kommune oder Region ebenso dient wie der Ausrichtung der operativen Planung und Umsetzung sowie der Evaluation und ständigen Verbesserung.

Die Darstellung des Forschungsfelds „Kommunale Gesundheitsförderung“ sowie die verwendeten Quellen schließen die Monografie ab.

Die Monografie dient somit als Handreichung für politische und kommunale Entscheidungs- und Leistungsträger. Damit können sich Kommunen und Regionen zu Gesundheitskommunen bzw. Gesundheitsregionen entwickeln, die ihren Bürgern und Gästen in den sozialen Settings der Kommune oder Region (Behörden, Schulen, Unternehmen, Vereinen und so weiter) eine koordinierte und systematische kommunale Gesundheitsförderung als nachhaltig ausgelegten Standortfaktor für bestmögliche Lebensbedingungen und bestmögliche Lebensqualität anbieten.

This monography is based on our present status of knowledge and experience. It starts with clearing and defining of the basic terms. Then it describes the relevant national and international frame conditions of municipal health promotion.

The core of the monography is a description of the ideal municipal health promotion according to our actual knowledge and experiences which is helpful for the analysis of the starting status of health promotion in a certain community or region as well as for the orientation of operative planning, implementation, evaluation and continuous improvement.

The presentation of the research field „municipal health promotion“ and of the sources we used is completing the monography.

Thus the monography is serving as a handout for politicians and decision-makers in communities. This information helps that communities and regions can develop into health communities and health regions which offer a coordinated and systematic health promotion to their citizens and guests in different social settings (for example authorities, schools, companies). In this way the health promoting community or region can present itself as a habitat with the best possible living conditions and quality of life to their inhabitants and visitors.

KEYWORDS

Gesundheitskommunen, Gesundheitsregionen, kommunale Gesundheitsförderung, kommunales Gesundheitsmanagement, kommunale Gesundheitsbildung, gesundheitsfördernde und präventivmedizinische Versorgungsnetze, gesundheitstouristische Netzwerke, Gesundheitszentren, Gesundheitsberatung, Gesundheitsmanagement in sozialen Settings

Health communities, health regions, municipal health promotion, municipal health management, municipal health education, health promotion and disease prevention networks in the medical field, health tourism networks, health centers, health counseling, health management in social settings

1. Klärung und Abgrenzung der Begriffe

Individuelle Gesundheitsförderung (IGF): Unter Individueller Gesundheitsförderung fassen wir alle Maßnahmen und Aktivitäten einzelner Menschen zusammen, ausgerichtet an ihren individuellen Präferenzen, Ressourcen und Möglichkeiten.

Individuelles Gesundheitsmanagement (IGM): Individuelles Gesundheitsmanagement ist die willentliche, systematische und eigenverantwortliche Planung und Umsetzung von individueller Gesundheitsförderung, durch die der einzelne Mensch sich vor Gefährdungen schützt und förderliche Lebensbedingungen schafft.

Betriebliche Gesundheitsförderung (BGF): Unter BGF fassen wir alle Maßnahmen und Aktivitäten in einem Betrieb, einem Unternehmen oder einer Behörde zusammen, die die Gesundheit seiner bzw. ihrer Mitarbeiter schützen und verbessern sowie Rahmenbedingungen schafft, in denen die Mitarbeiter ihren eigenen gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil umsetzen können.

Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM): Ein BGM ist Teil der Personal- und Organisationsentwicklung eines Betriebs, eines Unternehmens oder einer Behörde. Es besteht aus Führungskräften und Mitarbeitern, die im Betrieb bzw. Unternehmen ein Betriebliches Gesundheitsmanagementsystem entwickeln, umsetzen, betreiben, evaluieren und weiterentwickeln.

Betriebliches Gesundheitsmanagementsystem (BGMS): Ein BGMS umfasst alle absichtsvoll, systematisch geplanten und umgesetzten Maßnahmen und Aktivitäten der betrieblichen Gesundheitsförderung, durch die für Mitarbeiter und Führungskräfte Arbeitsbedingungen geschaffen werden, in denen sie vor Gefährdungen geschützt sind und ihren gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil eigenverantwortlich verwirklichen können.

Kommunale Gesundheitsförderung (KGF): Unter KGF fassen wir alle Maßnahmen und Aktivitäten in einer Kommune oder Region zusammen, die die Gesundheit ihrer Bürger und Gäste schützen und verbessern sowie Rahmenbedingungen schafft, in denen Bürger und Gäste ihren eigenen gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil eigenverantwortlich umsetzen können.

Kommunales Gesundheitsmanagement (KGM): Ein KGM ist Teil der Verwaltung einer Kommune oder Region. Es besteht aus Führungskräften und Mitarbeitern, die in der Kommune oder Region ein Kommunales Gesundheitsmanagementsystem entwickeln, umsetzen, betreiben, evaluieren und weiterentwickeln.

Kommunales Gesundheitsmanagementsystem (KGMS): Ein KGMS umfasst alle absichtsvoll, systematisch geplanten und umgesetzten Maßnahmen und Aktivitäten der kommunalen Gesundheitsförderung, durch die für Bürger und Gäste Lebensbedingungen geschaffen werden, in denen sie vor Gefährdungen geschützt sind und ihren gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil eigenverantwortlich verwirklichen können.

Individuelle, Betriebliche und Kommunale Gesundheitsmanagementsysteme können unabhängig voneinander funktionieren. Günstiger ist es jedoch, wenn sie in einer Kommune oder Region eng miteinander verwoben sind und die politischen und gesetzlichen Rahmenbedingungen ihre Integration fördern.

Die folgende Abbildung 1 zeigt das Zusammenwirken von Maßnahmen und Aktivitäten des Individuums, des Betriebes und der Kommune und das Zusammenspiel der Managementsysteme.

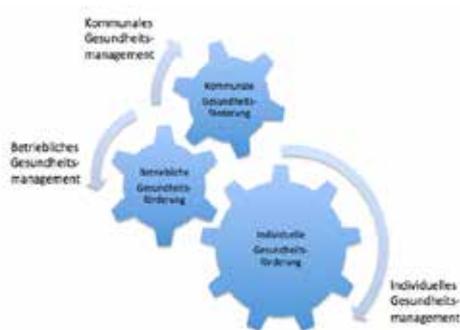


Abb. 1: Zusammenspiel von Gesundheitsförderung und Gesundheitsmanagement

2. Internationale Rahmenbedingungen

Jeder Mensch ist in erster Linie selbst dafür verantwortlich, seine Gesundheit zu erhalten und im Krankheitsfall angemessen zu handeln. Dazu muss er allerdings in seiner unmittelbaren

Lebenswelt geeignete gesundheitsfördernde und präventive Rahmenbedingungen vorfinden.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat deshalb in ihrer Ottawa-Charta (1986) die regionale und kommunale Ebene als eine der grundlegenden Handlungsebenen deklariert, auf die eine gesundheitsfördernde und präventive Gesamtpolitik eingehen sollte. Darin heißt es unter anderem: „Gesundheitsförderung wird realisiert im Rahmen konkreter und wirksamer Aktivitäten von Bürgern in ihrer Gemeinde: In der Erarbeitung von Prioritäten, der Herbeiführung von Entscheidungen sowie bei der Planung und Umsetzung von Strategien. Die Unterstützung von Nachbarschaften und Gemeinden im Sinne einer vermehrten Selbstbestimmung ist ein zentraler Angelpunkt der Gesundheitsförderung; ihre Autonomie und Kontrolle über die eigenen Gesundheitsbelange ist zu stärken. Die Stärkung von Nachbarschaften und Gemeinden baut auf den vorhandenen menschlichen und materiellen Möglichkeiten der größeren öffentlichen Teilnahme und Mitbestimmung auf. Selbsthilfe und soziale Unterstützung sowie flexible Möglichkeiten der größeren öffentlichen Teilnahme und Mitbestimmung für Gesundheitsbelange sind dabei zu unterstützen bzw. neu zu entwickeln. Kontinuierlicher Zugang zu allen Informationen, die Schaffung von gesundheitsorientierten Lernmöglichkeiten sowie angemessene finanzielle Unterstützung gemeinschaftlicher Initiativen sind dazu notwendige Voraussetzungen“ [1].

Dem entsprechend lief 1988 in Europa das WHO-Projekt Gesunde Städte (WHO Healthy Cities Network) mit elf teilnehmenden Städten an [2]. In einem eigenen Leitfaden hat das Regionalbüro Europa der WHO 1992 eine zwanzig Schritte umfassende Vorgehensweise zur Entwicklung eines Gesunde-Städte-Projekts beschrieben [3].

Heute sind in dem WHO-Projekt europaweit über 1400 Kommunen in 30 Ländern organisiert. Das Projekt startete 2014 seine sechste Entwicklungsphase (2014-2018) mit den Zielen der „Verbesserung der Gesundheit aller und Reduzierung von Ungerechtigkeiten“ sowie der „Verbesserung von Führung und Teilhabe“ [2].

Es gelten folgende Leitprinzipien: „Eine gesunde Stadt ist eine Stadt, in der Gesundheit und Wohlergehen der Bürger im Mittelpunkt des Entscheidungsprozesses stehen. Jede Stadt

kann eine gesunde Stadt sein, wenn sie sich der Gesundheit verpflichtet fühlt und eine Struktur und einen Prozess geschaffen hat, die es ermöglichen, auf eine Verbesserung der Gesundheit in der Stadt hinzuarbeiten“ [2].

Als weitere internationale Rahmenbedingung zur Implementierung eines KGMS gilt die WHO-Grundlage, „health in all policies“ (HiaP), die intersektorale Zusammenarbeit im Gesundheitssystem und die multisektorale Zusammenarbeit von staatlichen und nicht-staatlichen Akteuren einfordert [4].

Es ist dabei nicht wichtig, in welchem Entwicklungsstadium oder Reifegrad der KGF sich eine Kommune oder Region befindet. Wichtig ist vielmehr, dass sie sich auf den Weg der ständigen und systematischen Verbesserung der kommunalen bzw. regionalen Lebensbedingungen im Sinne eines KGMS macht.

3. Nationale Rahmenbedingungen

Als Grundbedingung für die Umsetzung dieser internationalen Rahmenbedingungen im nationalen Kontext der Bundesrepublik Deutschland gilt das Subsidiaritätsprinzip: Gemäß Artikel 28 Absatz 2 des Grundgesetzes verfügen Kommunen über Recht, „alle Angelegenheiten der örtlichen Gemeinschaft im Rahmen der Gesetze in eigener Verantwortung zu regeln“. Dies gilt natürlich auch für die KGF.

Gesunde-Städte-Netzwerk

In Deutschland werden die Empfehlungen der WHO im „Gesunde Städte Netzwerk“ umgesetzt. „Das Gesunde Städte-Netzwerk der Bundesrepublik versteht sich als Teil der ‚Gesunde-Städte-Bewegung der WHO‘. Ausgangspunkt für die Gesunde Städte-Initiative der WHO ist die „Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung“ von 1986. Das Netzwerk ist ein freiwilliger Zusammenschluss der beteiligten Kommunen. Es dient vor allem als Aktions- und Lerninstrument, mit dem die Arbeit vor Ort im Sinne der Gesunde Städte - Konzeption unterstützt werden soll. Das Gesunde Städte-Netzwerk spricht in fachlicher und fachpolitischer Hinsicht Mitarbeiter/innen des Gesundheitsamtes, des Sozialamtes, des Wohnungsamtes, des Umweltamtes und der Stadtentwicklungsplanung ebenso an wie Vertreter/innen der Gesundheitsinitiativen und

Selbsthilfegruppen. Mitgliederversammlungen des deutschen Netzwerkes finden jährlich, Gesunde Städte-Symposien alle zwei Jahre statt“ [5].

In einem 9-Punkte-Programm sind die Richtlinien für den Beitritt einer Kommune zum Netzwerk geregelt. Derzeit sind 75 Kommunen Mitglied im Netzwerk [5].

In seinem Leitfaden „Gesunde Städte“ gibt das Regionalbüro Europa der WHO fünf Aktionsfelder der KGF an [3]:

- Entwicklung einer gesundheitsfördernden Gesamtpolitik
- Schaffung gesundheitsfördernder Lebensbedingungen
- Unterstützung gesundheitsbezogener Gemeinschaftsaktionen
- Entwicklung persönlicher Kompetenzen im Umgang mit Gesundheit
- Neuorientierung der Gesundheitsdienste

Jedes dieser Aktionsfelder werden wir weiter unten bei der Beschreibung einer idealen KGF berücksichtigen.

Bayerisches Zentrum für Prävention und Gesundheitsförderung

Das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit und Pflege hat im Rahmen des Bayerischen Landesamts für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit das Zentrum für Prävention und Gesundheitsförderung eingerichtet. Durch Information, Förderung und Vernetzung verfolgt dieses Zentrum das Ziel, „die Strukturen und die Wirksamkeit von Gesundheitsförderung und Prävention in Bayern zu stärken.“ Es verbindet „Präventionspraxis, Wissenschaft und bürgerschaftliches Engagement“, entwickelt „Medien und Materialien“, organisiert Fortbildungen, „macht gute Praxis bekannt und gibt Anregungen weiter“ [6].

Gesundheitsregionen^{plus} im Freistaat Bayern

Im Rahmen eines Wettbewerbs des Bayerischen Staatsministeriums für Gesundheit und Pflege wurden in den vergangenen Jahren 20 bayerische Kommunen und Landkreise mit dem Prädikat „Gesundheitsregion“ ausgezeichnet.

Mit dem Konzept Gesundheitsregionenplus setzt das Bayerische Staatsministerium für Gesundheit und Pflege diese Initiative fort und will „ab 2015 die medizinische Versorgung und Prävention im Freistaat weiter verbessern. Die regionalen Netzwerke sollen auf kommunaler

Ebene zur Gesundheit der Bevölkerung beitragen. Der Freistaat unterstützt die Gesundheitsregionenplus durch Beratung und Fördermittel“ [7].

Dabei werden die regionalen Unterschiede ebenso hervorgehoben wie die regionale Entscheidungsverantwortung betont wird: „Die Versorgungsstrukturen und die Präventionsangebote sind innerhalb Bayerns sehr unterschiedlich. Die Akteure vor Ort können die Lage somit am besten beurteilen und passgenaue Maßnahmen entwickeln. Solche lokal erarbeiteten Lösungen haben zudem eine höhere Bindungswirkung und Akzeptanz“ [7].

Die Schwerpunkte des Programms „liegen bei der Gesundheitsversorgung [Anmerkung: Gemeint ist die Krankenversorgung], Gesundheitsförderung und Prävention. Dazu gehören zum Beispiel die Versorgung mit Haus- und Fachärzten, Patienteninformation, Zusammenarbeit ambulant-stationär, Bewegungsförderung, Suchtvorbeugung oder Kinder- und Jugendgesundheit. Weitere Themen können entsprechend den lokalen Gegebenheiten aufgegriffen werden“ [7].

Versorgungsstrukturen der KGF

Bei Gesundheitsförderung und Prävention haben die Kommunen eine Schlüsselfunktion: Im Leitfaden Prävention des Spitzenverbandes der gesetzlichen Krankenversicherungen heißt es, dass Gesundheitsförderung und Prävention wichtige kommunale Handlungsfelder seien [8]. Kommunale Entscheidungsträger können mit Hilfe eines KGMS einen gesundheitsförderlichen und präventiven Entwicklungsprozess anstoßen, koordinieren und leiten sowie für die Vernetzung der Akteure sorgen.

Medizinische Versorgungsstrukturen

Die zurzeit ausgeübten und gesetzlich intendierten Modelle der Integrierten Versorgung, von Disease-Management-Programmen (DMP) und medizinischen Versorgungszentren (MVZ) greifen vielfach zu kurz und berücksichtigen kommunale Strukturen mit ihren gewachsenen privaten und beruflichen Lebenswelten zu wenig. Inwieweit die neu geschaffene gesetzliche Grundlage, dass auch Kommunen als Träger von MVZ auftreten können, eine bessere Vernetzung der medizinischen Versorgung fördert, bleibt abzuwarten. Vorallem für Kommunen im ländlich strukturierten Raum ergeben sich dadurch neue

Gestaltungs- und Mitwirkungsmöglichkeiten. Versorgungsmanagement braucht aber eine effektive Koordination vor Ort. Die aktuellen Versorgungsmodelle bieten für ein sektorenübergreifendes und an den regionalen Strukturen ausgerichtetes Versorgungsmanagement bisher keinen Anreiz. Aus diesem Grund sind auch neue Strukturen der Finanzierung und der Qualifikation der im Netzmanagement handelnden Personen erforderlich, um ein kommunales und regionales Gesundheitsmanagement aufzubauen. Viele Kommunen bauen heute Strukturen für das Demographie-Management auf. Nachdem die demographische Entwicklung in einer Region auch immer Auswirkungen auf die Strukturen der Gesundheitsversorgung und des Einzelfallmanagements hat, kommt der Vernetzung dieser Aufgaben in Zukunft eine zentrale Rolle zu. Auch dies muss ein Kommunales Gesundheitsmanagement mit System leisten können.

4, Beschreibung einer idealen Kommunalen Gesundheitsförderung

[Anmerkung: Auf der Basis unseres derzeitigen Wissens- und Erfahrungsstands beschreiben wir im Folgenden eine allgemeine Vorstellung von einer bestmöglichen Umsetzung einer KGF. Dieses Ideal basiert auf dem Grundprinzip der Teilhabe (Partizipation) und der entsprechenden Grundannahme, dass die KGF nur dann im Sinne einer nachhaltigen Verbesserung der Lebensqualität der Bürger erfolgreich sein kann, wenn sie breit in der Bürgerschaft verankert ist und von deren Engagement und Initiative getragen wird. Diese Beschreibung eines Ideals dient bei der konkreten Entwicklung und Umsetzung eines KGMS der Analyse der Ausgangssituation in einer Kommune oder Region ebenso wie der Ausrichtung der operativen Planung und Umsetzung sowie der Evaluation und ständigen Verbesserung.]

Politische Führung

Die politische Führung (Bürgermeister, Stadtrat, Landrat, Landkreistag) ist fest entschlossen, KGF als ein kommunales Führungsprinzip einzuführen.

[Anmerkung: Die KGF als politisches Führungsprinzip hat die Zielsetzungen,

- die Gefährdungen in der kommunalen Lebenswelt der Bürger und Gäste

- zu minimieren,
- förderliche Lebensbedingungen für Bürger und Gäste zu optimieren und
- Rahmenbedingungen zu schaffen, in denen Bürger und Gäste ihren gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil frei zugänglich, bestmöglich und eigenverantwortlich umsetzen können.

Es ist durchaus möglich, dass die Initiativen für die Einrichtung eines KGM aus der Bürgerschaft kommen und von der politischen Führung aufgegriffen werden. Ebenso können gesundheitsfördernde Projekte aus Bürgerinitiativen im Sinne der Teilhabe in das KGM aufgenommen werden.]

Die politische Führung veröffentlicht diesen Entschluss und begleitet die Entwicklung und Umsetzung durch entsprechende Willenserklärungen und Kommentierungen bei jeder passenden Gelegenheit.

[Anmerkung: Dabei ist die Stetigkeit der öffentlichen Erklärungen von großer Bedeutung. Die politische Führung signalisiert dadurch nach innen und nach außen, dass sie hinter der KGF und ihren Akteuren steht. Dieser Rückhalt fördert das Image der KGF in der Öffentlichkeit und betont ständig ihre Bedeutung für das Wohl der Bürger und der Gäste.]

Die politische Führung schafft die notwendige Infrastruktur und stellt Ressourcen bereit.

[Anmerkung: Infrastrukturelle Einrichtungen können sein: Präventionszentrum oder Haus der Gesundheit, Fitness-Parcours, Wanderwege, Sporteinrichtungen, Lehrküche und anderes mehr. Ressourcen zum Aufbau und Betrieb eines KGMS sind Personen, Geld- und Sachmittel sowie Zeit.]

Die politische Führung beruft ein Steuerungsgremium bestehend aus Experten und Leistungsträgern der Kommune bzw. Region.

[Anmerkung: In diesem Gremium können mitwirken: Mitarbeiter der Kommunalverwaltung und des Gesundheitsamts, Medizin- und Gesundheitsdienstleister, Gesundheitswissenschaftler, Tourismusdienstleister, Mitglieder von

Vereinen, Mitarbeiter von Schulen und Kindergärten, Mitarbeiter von Kostenträgern, engagierte Bürger, Vertreter von Sozialverbänden, Vertreter des Einzelhandels, Vertreter von Unternehmen und Betrieben, Vertreter des Kommunalmarketing und andere. Das Gremium sollte aus nicht mehr als 12 bis 15 Mitgliedern bestehen. Dieses „Dazwischenschalten“ eines Steuergremiums zwischen politischer Führung und KGM beugt der Bürokratisierung der KGF vor und sichert ihre Verankerung in der Bürgerschaft.]

Die politische Führung gibt diesem Steuergremium einen klaren Auftrag.

[Anmerkung: Dieser Auftrag beinhaltet die Bestellung eines KGM, das ein KGMS entwickelt und umsetzt, sowie dessen beratende Begleitung und Beaufsichtigung.]

Steuergremium

Das Steuergremium ist eingerichtet und strukturiert.

[Anmerkung: Das Steuergremium gibt sich selbst eine Organisationsstruktur ähnlich der Struktur eines Vereins: Vorsitzender oder Sprecher, Schriftführer usw. Zwingend notwendig ist, dass sich die Mitglieder des Gremiums systematisch bezüglich gesundheitswissenschaftlicher Themen fortbilden.]

Das Steuergremium bestellt das KGM und beauftragt es mit der Entwicklung und Umsetzung eines KGMS.

[Anmerkung: Das KGM besteht aus einer Führungskraft und ihren Mitarbeitern. Die Leiterin des KGM ist eine Gesundheitsmanagementexpertin (Medizindienstleister, Gesundheitswissenschaftler). Sie stellt geeignete Mitarbeiter ein. Gemeinsam und in Abstimmung mit dem Steuergremium entwickeln sie den genauen Auftrag des KGM.]

Das Steuergremium beaufsichtigt und begleitet die Entwicklung und Umsetzung des KGMS. Es berät das KGM.

[Anmerkung: Das Steuergremium ist vergleichbar mit dem Aufsichtsrat einer Aktiengesellschaft. Ein Aufsichtsrat handelt

im Auftrag und in Vertretung der Aktionäre, also der Besitzer des Unternehmens. Das Steuergremium handelt als Vertreter der Bürger und Gäste, also der Adressaten der KGF. Es sorgt dafür, dass das KGMS an den Bedürfnissen der Adressaten ausgerichtet ist und deren Lebensqualität nachhaltig verbessert.]

Kommunales Gesundheitsmanagement (KGM)

Die Leiterin des KGM und ihr Team entwickeln ein KGMS, setzen es um und evaluieren es. Sie beziehen das Steuergremium ein und berichten ihm.

[Anmerkung: Die Entwicklung und Umsetzung des KGMS folgt den Vorgehensweisen üblicher Managementprozesse, wie z.B. dem PDCA-Zyklus (Plan-Do-Check-Act): Zunächst gibt sich das KGM in enger Abstimmung mit dem Steuergremium einen Auftrag und formuliert ein mittelfristiges (3 bis 5 Jahre) Zukunftsszenario im Sinne einer Vorstellung der bestmöglichen Erfüllung des selbstgewählten Auftrags. Nach der

Analyse der kommunalen Ausgangslage wird ein operativer Jahresplan erstellt und umgesetzt, der am Zukunftsszenario ausgerichtet ist. Dieser Jahresplan wird umgesetzt. Seine Ergebnisse werden evaluiert und in einem jährlichen Gesundheitsbericht zusammengefasst. Die Erkenntnisse der Evaluation führen zur Verbesserung des KGMS]

Das KGM organisiert regelmäßig Gesundheitskonferenzen, zu denen Bürger und Gäste der Kommune bzw. Region eingeladen werden und im Sinne der Partizipation an der Entwicklung und Umsetzung der KGF mitwirken können.

[Anmerkung: Die Einbeziehung der Adressaten macht das KGF zu deren eigenem Anliegen und erhöht die Akzeptanz und Inanspruchnahme der durchzuführenden Maßnahmen und Aktivitäten. Die Ergebnisse der Gesundheitskonferenzen fließen in die operativen Jahresplanungen des KGM ein.]



Abb. 2: Bereiche eines Kommunalen Gesundheitsmanagementsystems

Das KGMS ist umfassend und berücksichtigt alle relevanten **Bereiche eines KGF** (Abbildung 2):

- **Schutz der Lebenswelt:**
Eine intakte Lebenswelt ist grundlegende Rahmenbedingung dafür, dass Bürger und Gäste ihren gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil pflegen können. Deshalb ist der Schutz und Erhalt einer ökologisch ausgewogenen kommunalen Lebenswelt im Rahmen des regionalen und globalen Ökosystems im KGMS berücksichtigt. Entsprechende Initiativen werden unterstützt.
- **Sicherheit der Lebenswelt und Freizeitschutz:**
Die Sicherheit der Lebenswelt ist in Deutschland gesetzlich detailliert geregelt (zum Beispiel Trinkwasser- und Nahrungsmittelqualität, Verkehrssicherheit, Infektionsschutz, Sicherheit der Freizeitanlagen). Das KGMS erfüllt diese Regelungen.
- **Gesundheitsbildung:**
Das KGM entwickelt vielfältige Beratungs- und Bildungsangebote, die Bürger und Gäste der Kommune oder Region befähigen, einen gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensstil eigenverantwortlich zu entwickeln und umzusetzen: Vorträge, Seminare, Workshops, Bildungsprogramme, Symposien, Messen, Medien, webbasierte soziale Netzwerke, Gesundheitszirkel, Selbsthilfegruppen, Beratungsstellen und anderes mehr.
- **Medizinische und präventivmedizinische Versorgung im ambulanten und stationären Bereich (Versorgungsmanagement):**
Das KGM entwickelt Strategien und Maßnahmen, um die ambulante und stationäre Versorgung akut und chronisch kranker Menschen in der Kommune und Regionsicherheit zu stellen. Das KGM organisiert aus den bestehenden medizinischen Dienstleistungsangeboten der Kommune bzw. Region ein präventivmedizinisches Versorgungsnetzwerk. In diesem Netzwerk können Bürger und Gäste vertiefende medizinische Untersuchungen und medizinische Maßnahmen der primären (zum Beispiel Impfungen, sekundären (Vorsorgeuntersuchungen) und tertiären (Krankheits-managementprogramme) Prävention vornehmen lassen.
- **Gesundheitsfördernde und präventive Versorgungsnetzwerke:**
Das KGM unterstützt Medizin- und Gesundheitsdienstleister sowie ggf. Tourismus- und Gesundheitssportdienstleister dabei, Netzwerke zu bilden und Bürgern und Gästen umfassende und qualitativ hochstehende gesundheitsfördernde und krankheitsvermeidende Dienstleistungen anzubieten. Die Gesundheitslotsenfunktion des Gesundheitszentrums (siehe unten) ist in der Lage, die Bürger und Gäste über die bestehenden Dienstleistungen zu informieren und sie durch die Angebote zu „lotsen“.
- **Betriebliches Gesundheitsmanagement in eigenen Einrichtungen:**
Das KGM setzt in kommunalen Einrichtungen (Behörden, Schulen und Kindergärten) BGF systematisch um. Es bestehen Initiativen wie „Die gesunde Behörde“, „Der gesunde Kindergarten“ und „Die gesunde Schule“ oder „Lehrergesundheit“.
- **Gesundheitsmanagement in sozialen Settings:**
Das KGM regt in Familien, Betrieben, Unternehmen und Behörden, Schulen, Vereinen, Hotels und so weiter die Bildung gesundheitsfördernder Settings an und berät und begleitet sie supervidierend. „Settings“ sind soziale Systeme, die einen starken Einfluss auf die Gesundheit ausüben und in denen zugleich die Bedingungen von Gesundheit auch gestaltet und beeinflusst werden können. Alltägliche Arbeits-, Lern- und Lebensbedingungen haben einen erheblichen Einfluss auf die gesundheitliche Entwicklung des Einzelnen und prägen gesundheitsbezogene Werte, Einstellungen und Verhaltensweisen. Bürger und Gäste finden in diesen Settings Bedingungen vor, in denen sie eigenverantwortlich ihren gesundheitsbildenden und präventiven Lebensstil verwirklichen können. Das KGM berät Verantwortliche sozialer Settings dabei, eigene Gesundheitsmanagementsysteme zu entwickeln und zu etablieren, und stellt entsprechende Bildungsangebote bereit. Es bestehen Initiativen wie „Die gesunde Familie“, „Das gesunde Unternehmen“,

„Der gesunde Betrieb“, Die gesunde Praxis“, „Die gesunde Klinik“, „Das gesunde Seniorenheim“, „Der gesunde Verein“, „Das gesunde Hotel“ und Vergleichbares mehr.

Das KGM hat vor allem folgende **Aufgaben**:

- Erarbeitung eines selbstgewählten Auftrags
- Formulierung eines Zukunftsszenarios als Vorstellung der bestmöglichen Erfüllung dieses Auftrags
- Bestimmung der kommunalen Ausgangslage (Systemaufstellung der Institutionen und Akteure, Erkrankungsprobleme, wirtschaftliche und soziale Bedingungen, Wohn- und Umweltbedingungen, medizinische Versorgung, Bürgerinitiativen und Selbsthilfegruppen usw.)
- Organisation und Durchführung von Gesundheitskonferenzen
- Erarbeitung eines operativen Jahresplans
- Evaluation des KGMS in Bezug auf Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität und Erstellung eines jährlichen Gesundheitsberichts
- Ständige Verbesserung des KGMS im Sinne eines Qualitätsmanagements
- Recherche staatlicher Förderprogramme und Erstellung entsprechender Anträge sowie Einwerbung von Sponsorenmitteln
- Einrichtung und Führung der Infrastrukturen und Organisation von deren Nutzungen
- Organisation der Sicherheit der Lebenswelt und des Freizeitschutzes
- Entwicklung und Umsetzung von Gesundheitsbildungsprogrammen
- Entwicklung und Umsetzung von Strategien zur Sicherstellung der medizinischen Versorgung im ambulanten und stationären Bereich
- Organisation von gesundheitsfördernden und präventiven Versorgungsnetzwerken
- Unterstützung und Beratung von kommunalen Einrichtungen (Behörden, Schulen und Kindergärten) bei der Entwicklung und Umsetzung betrieblicher Gesundheitsmanagementsysteme
- Unterstützung und Beratung von sozialen Settings bei der Entwicklung und Umsetzung von Gesundheitsmanagementsystemen
- Entwicklung und Umsetzung eines Gesundheitskommunikationskonzepts mit Kernthemen für Adressaten-Kampagnen (internes und externes Marketing bzw. Öffentlichkeitsarbeit).

- Kontaktpflege zu überregionalen staatlichen Stellen und zu Sozial-versicherungsträgern.

Gesundheitszentrum

Als zentrale Infrastruktur ist ein Gesundheitszentrum eingerichtet und übernimmt folgende Funktionen:

- **Information und Koordination (Gesundheitslotsenfunktion):**

Die Bürger und Gäste werden im Gesundheitszentrum über die gesundheitsfördernden und präventiven Einrichtungen und Dienstleistungsangebote der Kommune bzw. Region informiert. Dies geschieht im persönlichen Beratungsgespräch unterstützt von Print- und digitalen Medien. Zusätzlich ist das Präventionszentrum an Informationskampagnen der internen und externen Gesundheitskommunikation beteiligt. Ebenso werden die Bürger und Gäste bei der Umsetzung ihres Gesundheitsplans und der Koordination der entsprechenden Maßnahmen unterstützt und begleitet (zum Beispiel Terminvereinbarungen im medizinischen Versorgungsnetzwerk).

- **Gesundheitsberatung:**

Bürger und Gäste können im Gesundheitszentrum eine softwarebasierte Lebensstil- und Risikoanalyse durchführen lassen. Aufgrund dieser Analyse wird ein vorläufiger individueller Gesundheitsbericht erstellt, dessen Auswertung zum Einen zu vertiefenden Untersuchungen und gegebenenfalls Behandlungen im medizinischen Versorgungsnetzwerk der Kommune bzw. Region führt und zum Anderen notwendige gesundheitsbildende Maßnahmen zur eigenverantwortlichen gesundheitsfördernden und krankheitsvermeidenden Lebensführung vorschlägt.

- **Gesundheitsbildung:**

Im Gesundheitszentrum werden gesundheitsbildende Maßnahmen in Form von Vorträgen, Seminaren, Workshops, Bildungsprogrammen, Symposien, Messen und anderen Veranstaltungen angeboten und durchgeführt.

Qualitätsmanagement

Das KGM evaluiert mit Hilfe eines eigens entwickelten ein Prüf- und Kennzahlensystems die Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität des KGMS. Die Erkenntnisse aus dieser Evaluation

werden in einem jährlichen Gesundheitsbericht zusammengefasst und dienen der ständigen Verbesserung und Weiterentwicklung des KGMS. Der Gesundheitsbericht wird veröffentlicht.

1. Forschungsfeld „Kommunale Gesundheitsförderung“

Das Forschungsfeld „Kommunale Gesundheitsförderung“ umfasst mindestens zwei Forschungsgegenstände:

1. Forschungsgegenstand KGMS

- Entwicklung eines Prüf- und Kennzahlensystems und Qualitätssicherung (Struktur-, Prozess- und Ergebnisqualität) mit dem Ziel eines Benchmarkings zwischen Kommunen und Entwicklung von bestpractices (z.B. Fußabdruck „Kommunale Gesundheits-förderung“ als valider und transparenter Standortfaktor für Kommunen)
- Bekanntheitsgrad, Akzeptanz- und Adhärenzforschung
- Versorgungsforschung
- und anderes mehr

2. Forschungsgegenstand Bürger und Gäste

- Gesundheitseinstellungen, Gesundheitsmotivation und Gesundheitsverhalten
- Gesundheitszustand und Krankheitsrisiken
- Inanspruchnahmeverhalten
- Teilhabe und Engagement
- und anderes mehr

5. Literatur

- [1] Weltgesundheitsorganisation, Ottawa-Charta zur Gesundheitsförderung. Available: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0006/129534/Ottawa_Charter_G.pdf.
- [2] Weltgesundheitsorganisation, Urban health. Available: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/urban-health>.
- [3] Weltgesundheitsorganisation, Gesunde Städte: Leitfaden zur Entwicklung eines Gesunde-Städte-Projekts. Available: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0003/101010/E56270g.pdf.
- [4] World Health Organization, Health iall policies (HiAP) framework for country action. Available: http://www.who.int/cardiovascular_diseases/140120HPRHiAPFramework.pdf?ua=1 (2014, Oct. 24).
- [5] Gesunde-Städte-Netzwerk Deutschland, Website des Gesunde-Städte-Netzwerk Deutschland. Available: <http://www.gesunde-staedte-netzwerk.de/>.
- [6] Bayerisches Zentrum für Prävention und Gesundheitsförderung, Website des Bayerischen Zentrums für Prävention und Gesundheitsförderung. Available: <http://www.zpg-bayern.de/>.
- [7] Gesundheitsregionenplus - Entscheidungen vor Ort treffen, Website von Gesundheitsregionen- plus - Entscheidungen vor Ort treffen. Available: <http://www.stmgp.bayern.de/wirtschaft/gesundheitsregionen/>.
- [8] GKV-Spitzenverband, Leitfaden Prä-vention des GKV-Spitzenverbandes. Available: http://www.gkv-spitzenverband.de/media/dokumente/presse/publikationen/GKV_Leitfaden_Praevention_RZ_web4_2011_15702.pdf.



Prof. Dr. Erich Wühr, MSc

Professor Dr. Erich Wühr, MSc ist am Gesundheitscampus Bad Kötzing der Technischen Hochschule Deggendorf für das Lehrgebiet Gesundheitsförderung und Prävention berufen. Er ist in Bad Kötzing Leiter eines Forschungsprojekts, bei dem im Rahmen des kommunalen Gesundheitsmanagements der Stadt Bad Kötzing und in Kooperation mit der Technischen Universität München und der Technischen Hochschule Deggendorf das so genannte IGM®-Lebensstilprogramm nach Professor Dr. Dieter Melchart (TU München) als Programm der kommunalen Gesundheitsbildung für Bürger und Gäste der Stadt in einem dreijährigen, vom Bayerischen Gesundheitsministerium geförderten Forschungsprojekt eingeführt, umgesetzt, weiterentwickelt und evaluiert wird.

Prof. Dr. Erich Wühr (M.Sc.) was appointed professor in the subject areas of Health Promotion and Preventive Care by Deggendorf Institute of Technology (DIT)/Health Care Campus Bad Kötzing. In Bad Kötzing, he is managing a research project whose aim is to implement the so-called IGM® Lifestyle Programme, which was developed by Prof. Dr. Dieter Melchart (Technische Universität München), within the framework of community-based health promotion undertaken by the town Bad Kötzing in cooperation with the Technische Universität München and DIT. This community-based health education programme for citizens and visiting tourists is to be introduced, implemented, developed and evaluated in the course of this three-year long research project which is funded by the Bavarian Health Ministry.

Kontakt / *Contact*

✉ erich.wuehr@th-deg.de



Prof. Dr. Horst Kunhardt

Prof. Dr. biol. hum. Horst Kunhardt ist Informatiker und Humanbiologe und seit 2004 Professor an der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) für die Lehrgebiete Betriebliche Anwendungssysteme und Gesundheitsmanagement. Seit 2015 ist Prof. Dr. Kunhardt Vizepräsident der Technischen Hochschule Deggendorf. Seit 2006 leitet er den Weiterbildungsstudiengang MBA Health Care Management und seit 2010 das Institut für Cross-border Healthcare Management am Gesundheitscampus der THD in Bad Kötzing, das sich mit Fragen der grenzüberschreitenden Gesundheitsversorgung befasst. Prof. Dr. Horst Kunhardt ist Projektleiter der Gesundheitsregion Deggendorf, ein vom Bayerischen Ministerium für Umwelt und Gesundheit ausgezeichnetes Projekt. Prof. Dr. Horst Kunhardt war Preisträger für „Innovative Lösungen“ im Gesundheitswesen und erhielt 2011 den Preis für „Gute Lehre an der Hochschule Deggendorf“. Prof. Dr. Kunhardt hat eine langjährige Berufserfahrung als IT-Leiter und Qualitätskoordinator im klinischen Bereich und umfangreiche Erfahrungen im Bereich Gesundheitsmanagement sowie bei der Qualifikation von Gesundheitsberufen. Prof. Dr. Kunhardt ist ein erfahrener Experte im Bereich Qualitätsmanagement sowie eHealth und Telemedizin. Forschungs- und Tätigkeitsschwerpunkte liegen auf den Gebieten Klinikinformationssysteme, Gesundheitsnetzwerke, IT-Sicherheit, Gesundheits- und Medizintourismus sowie Compliance- und Risikomanagement.

Prof. Dr. Horst Kunhardt, a computer scientist and human biologist, has been a professor at Deggendorf Institute of Technology (DIT) since 2004. His teaching portfolio includes Business Application Systems and Health Management. Prof. Dr. Kunhardt has been one of DIT's Vice Presidents since January 2015. Moreover, he has been head of the MBA programme Health Care Management since 2006 and the Institute for Cross-border Healthcare Management at DIT's Health Care Campus in Bad Kötzing since 2010. Prof. Dr. Kunhardt is managing the project 'Gesundheitsregion Deggendorf' (Health Region Deggendorf), which was honoured by the Bavarian Ministry for Environment and Health. Furthermore, he was awarded the prizes 'Innovative Solutions in Healthcare' and 'Teaching Excellence at DIT' in 2011. Prof. Dr. Kunhardt offers longstanding professional experience as IT manager and quality coordinator in the clinical area and extensive experience in the fields of health management and qualifications for healthcare professionals. In addition, Prof. Dr. Kunhardt is an experienced expert in the areas of quality management, eHealth and telemedicine. His research and professional focuses lie on clinical information systems, health networks, IT security, health and medical tourism as well as compliance and risk management.

Kontakt / Contact

✉ horst.kunhardt@th-deg.de

Enhancing Virtual Team Performance via VTMM – A real world case study

Verbesserung der Performance von virtuellen Teams mithilfe von VTMM – eine praktische Fallstudie



Ralf Friedrich
 CIT - Cork Institute of Technology
 Hochschule Darmstadt

Ingo Stengel
 Hochschule Karlsruhe

Udo Bleimann
 Hochschule Darmstadt

Paul Walsh
 CIT - Cork Institute of Technology

ABSTRACT

The Virtual Team Maturity Model (VTMM) describes 11 processes for the performance improvement of virtual teams. Many organizations work in virtual team structures without having an understanding of their current team performance, while other organisations start virtual teamwork without any prior experiences, thus suffering a drop in performance. VTMM is designed to provide guidance to internal team performance improvement initiatives and to allow customers to assess the virtual team performance of their partners and suppliers. This paper describes a real-world case study on performance improvement for a virtual team within a large international consultancy company headquartered in Germany. The paper describes the methodology and process steps applied during the assessment and re-assessment of the team. Results describe findings relevant to virtual team process improvement in real-world settings.

Das Virtual Team Maturity Modell (VTMM) beschreibt 11 Prozesse zur Leistungssteigerung virtueller Teams. Viele Organisationen arbeiten in virtuellen Teamstrukturen, ohne wirklich zu verstehen, welche Prozesse dabei wichtig sind. Sie erleben einen Leistungsabfall, weil sie keine Erfahrungen in diesem Bereich haben. VTMM erlaubt virtuellen Teams, eine Reifegradmessung vorzunehmen. Außerdem können Partner und Lieferanten im Hinblick auf ihre virtuellen Teamprozesse bewertet werden. Dieser Artikel beschreibt eine Fallstudie einer Leistungssteigerung eines virtuellen Teams einer Unternehmensberatung mit Hauptsitz in Deutschland. Der Artikel beschreibt die Methode des Vorgehens beim Erst- und Wiederholungs-Assessment des Teams. Die Ergebnisse sind beschrieben. Die wichtigsten Erkenntnisse für virtuelle Teamarbeit werden hervorgehoben.

KEYWORDS

VTMM, virtual teamwork, performance improvements, maturity model, virtual team processes

Introduction

Virtual teams are a common organization structure in the world of enterprise in the 21st century, as more and more organizations cope with the increasing demands of globalization, outsourcing, off-shoring and telework. A popular type of virtual team is a project-based group, which is distributed geographically and is mainly focused on meeting milestones for stakeholders and has the added ability to make decisions [1]. For example, many organizations employ an outsourcing model where some team members are located in developed economies, while other team members work from locations in low cost countries [2].

In this paper, the case study subject team was operating in different locations. This team is therefore virtualized corresponding to the definitions and models provided by Guzmán et al. [3], Chudoba et al. [4], Ivanov and Cyr [5], Müthel and Högl [6], Leonard [7] and Lockwood [8].

The Advantages of Virtual Teamwork

A notable benefit of virtual teamwork is enhanced productivity, which “tends to increase from 10% to 43%, depending on the industry and the organization” [9]. This stems from efficiencies such as reduced travel time and other overhead activities. Other studies similarly note that virtual teams reduce time-to-market, save money on travel expenses, offer more flexibility to employers and employees, attracting highly qualified employees from all over the world, while increasing knowledge sharing [8].

Challenges within Virtual Teamwork

However, despite the rise of interest in virtual teams, there are considerable challenges that need to be addressed. Early researchers note that virtual teamwork practices require different competencies and skills from team members [10-12].

Nemiro et al. [13] observed that a virtual team has to overcome the following external and internal challenges:

1. External factors (virtual teams) are those factors that are outside the control of a virtual

team, which has to find a way to manage them, in particular distance, time and technology.

2. Internal factors (virtual team creations) are those within the control of a virtual team, where the team can directly influence these factors, specifically culture, trust and leadership.

Nemiro defines external factors as constraints that cannot be changed by the team, which has to learn how to deal with them. Unfortunately, technology can also have limitations. Many internal IT-organizations do not implement state-of-the-art communication technologies that would make virtual teamwork more efficient. Moreover, even the latest state of the art technologies carry the risks of miscommunications [14].

The internal factors are under the direct influence of the virtual team. One of the key success factor for teamwork is to have clear communication protocols to compensate for absent non-verbal communication. A good virtual communication can lead to trust in the team, which is considered another success factor. The relationship of missing non-verbal communication and trust are discussed by Pangil and Chan [15]. Missing non-verbal communication reduces trust. Another aspect to focus on is the development of a team culture. Problems in inter-cultural collaboration are described by Andersen [16]. If the team has a good cohesion and collaboration, then the leadership aspects are less important, as described by Saafein and Shaykhian [17], as the leadership will be shared amongst the team members.

Based on this ground research, VTMM was developed to first identify and then improve limitations in virtual teams so that trust, culture and shared leadership can be fostered.

The Virtual Team Maturity Model VTMM

The aim of the virtual team maturity model (VTMM) is to gauge the level of virtual teamwork competence in project teams. The model focuses on the internal project team processes which are necessary to compensate for critical factors such as the lack of face-to-face interactions, challenges in imparting tacit communication, building trust, giving feedback, establishing work rules and offering rewards and recognition. The VTMM model aims to define

a meta-process, which helps to create a highly motivated virtual project team, leading to trust, cohesion and consequently leading to an improved team performance and better project results. The VTMM serves as a reference model against which virtual teams can be assessed and whereby gaps in the performance can be identified and closed [18].

The model was validated by an expert panel of over 80 members, which was convened by following rigorous selection criteria where job title and qualification was considered¹. Statistical analysis of the feedback from the panel validated the assumptions of the model and showed that the VTMM adds true value to virtual project teams.

The model is composed of 11 virtual team processes and four maturity levels. Each process is described by inputs, methods and outputs. These are measured by key performance indicators (KPIs), which gauge how well a process is present in a virtual team. Four maturity levels were chosen, as they are a good balance between good differentiators of virtual team maturity and practical application.

So far, no academically validated maturity model for virtual teams has been found in literature. Only isolated processes and their effects on virtual teamwork have been researched academically [19-21]. Comprehensive maturity models have been developed and applied, but their effects have not been tested systematically [22, 23]. The structure of staged maturity models and definitions of maturity levels originate from the models of EFQM and CMMi [23, 24]. VTMM development was also influenced by the work of Jehle and Zofi [22, 25]. In the VTMM, there are four maturity levels: undefined, basic, advanced and mastery level [18]. Four levels is a good compromise between practical application and differentiation of maturity:

- At the undefined level, there are many gaps compared to the reference model. The success of the team cannot be traced back to the conformance to virtual team processes. Many of the processes, tools or cultural elements are missing and most likely also unknown to the virtual team members,

leaders and sponsors. Virtual teams at this level can be successful, but rely on individual strengths and charisma of the leader and/or its team members. Therefore, the virtual team does not know what to do to improve the performance of the virtual team.

- At the basic level, the team is aware of the requirements to increase the performance of the virtual team. All the quick wins have been implemented. The team performance and productivity increased, the level of conflict decreased and the team members have developed trust and deepened their relationships.
- At the advanced level, all elements of the VTMM are present: the virtual team has a positive culture, the different tools are used appropriately for different tasks and either the virtual team processes are fully implemented or the decisions not to implement them have been well documented. The level of conflict is low and the performance is high. The team invests time into relationships with other team members. Complex tasks are managed successfully and issues are tabled early and dealt with efficiently.
- At the mastery level, all elements are present to the needed levels. The team is in a state of "flow" and the performance is very high. The team has implemented knowledge management processes and works on the optimization of processes, tools and culture. Team members enjoy being on the team and the project progresses according to schedule, budget and scope, including the right quality. The team performance will maintain this level of performance even if there are changes in the team (members leaving or entering the team).

The definition of the processes is described in terms of:

- inputs - providing necessary information of the state and nature of the team,
- tools and techniques - applied to improve the processing of this information and formation of the process and
- outputs - expected to benefit the performance of a virtual team.

The selection of the 11 processes of VTMM and the definition of each process's inputs, methods and outputs incorporates Tuckman's theory

¹Over 90% of panel members hold a PMP certification. PMP is a trademark of the PMI – Project Management Institute, Pennsylvania, USA

on group development processes, which was supported throughout the last decade by various research studies and practical investigation on team development [13, 25-29]. It also integrates the holistic approach on group processes by Cohn [30] and Hornecker [31].

Cohn described in her Theme Centered Interaction (TCI) theory that the relationship between the individual and the team needs to be established. To achieve this, Cohn formulated three axioms:

1. The human being is a psychobiological unity and a part of the universe. For the reason he is autonomous and interdependent at the same time. An individual's sense of autonomy becomes more and more refined when his consciousness of everyone's interdependence expands. This is an anthropological axiom.
2. Reverence is due to everything living, and to its growth. Respect for growth necessitates value judgments in decisions. The humane is valuable, the inhumane is threatening to values. This is an ethical axiom.

3. Free will occurs within conditional internal and outer boundaries. Expansion of these boundaries is possible.

Based on these three axioms, Cohn defined two postulates:

1. Be your own Chair person
2. Disturbances and strong involvements have precedence.

The observation made in field research and during consulting engagements with virtual teams showed that virtual teams focus mainly on the task and ignore the needs of the team members. VTMM addresses these needs in form of processes. The first process a virtual team should follow is the "Organize Get-to-know-each-other" process. This process will provide the team members with some basic knowledge about each other and will start building the relationship between team members.

This also links to Tuckman's team phase theory. Tuckman's theory identified five stages of team development. The VTMM processes can be mapped directly to these stages as shown in Table 1 below:

Tuckman's Team Development Stage	VTMM Process
Forming	Organize Get-to-know-each-other, Agree Rules, Set Goals, Define Information Management, Conduct Meeting Management
Storming	Give & Receive Feedback, Organize Decision-Making, Engage in Trust-building
Norming	Perform Task-Management
Performing	Give Rewards & Recognitions
Adjourning	Arrange Ramping-Down

Table 1: Tuckman's Team Development Stage vs. VTMM Process

This shows that VTMM transforms the theories of Tuckman and Cohn from a traditional face-to-face team environment into a virtual team environment.

One of the contributions of the VTMM is the tailored approach to maturity, as each team is different and has its own needs on maturity. In some processes, a high maturity level is required,

in other processes a lower one. Therefore, in the beginning of the maturity improvement journey, the team decides the target levels. Maturity development has to be driven by economical motivation. In reality, the implicit goal of perfection is fundamentally difficult to achieve as the team has to deliver the project in the most efficient way.

VTMM – Virtual Team Maturity Model

The 11 processes of VTMM are described in Table 2. The description of all processes in detail can be found on <http://www.vtmm.org>.

Process	Inputs	Methods	Outputs
Organize Get-to-know- each-other	<ul style="list-style-type: none"> Team members local environment Cultural Orientations Personal Experience Media Competence 	<ul style="list-style-type: none"> Personal introductions Expert knowledge 	<ul style="list-style-type: none"> Initial Team Culture
Agree Rules	<ul style="list-style-type: none"> Team members local environment Cultural Orientations 	<ul style="list-style-type: none"> Collaboration meeting Signing process 	<ul style="list-style-type: none"> Team charter Leadership charter Team constitution
Set Goals	<ul style="list-style-type: none"> Team briefing Task briefing Task descriptions Project briefing 	<ul style="list-style-type: none"> Decomposition Creative techniques Commitment rituals Expert judgement 	<ul style="list-style-type: none"> Agreed team goals Committed team members
Perform Task- Management	<ul style="list-style-type: none"> Scope of Work Organizational Process Assets Work History Resource Information Task Schedule Knowledge Requirements 	<ul style="list-style-type: none"> Expert knowledge Elicitation techniques Decomposition Specific Meetings Inspections 	<ul style="list-style-type: none"> Task list Work Schedule Progress Report
Give and receive Feedback	<ul style="list-style-type: none"> Motivational measurements Written comments Verbal comments Cultural orientations 	<ul style="list-style-type: none"> Feedback meeting Written Feedback Surveys 	<ul style="list-style-type: none"> Improved Team Performance Resolved conflicts Increased personal satisfaction
Organize Decision-Ma- king	<ul style="list-style-type: none"> Open decisions Decision-making rules Cultural orientations 	<ul style="list-style-type: none"> Decision-making meeting 	<ul style="list-style-type: none"> Team decisions Postponed decisions Escalated Decisions
Conduct Meeting- Management	<ul style="list-style-type: none"> Agenda and invitations Minutes of previous meetings Meeting rules 	<ul style="list-style-type: none"> Virtual collaboration tools Specific Meetings 	<ul style="list-style-type: none"> Meeting minutes Update of Related Documents
Engage in Trust- building	<ul style="list-style-type: none"> Personal Information Informal Communication Skills Cultural Orientations 	<ul style="list-style-type: none"> Social media and networks Virtual Teambuilding 	<ul style="list-style-type: none"> Improved team performance Higher Team Maturity
Define Information- Management	<ul style="list-style-type: none"> Documents Rules of document management 	<ul style="list-style-type: none"> File management systems Document management systems Virtual team information system 	<ul style="list-style-type: none"> Structured information Maintained documents
Give Rewards & Recognitions	<ul style="list-style-type: none"> Nominations Rules of rewards & recognition Cultural Orientations 	<ul style="list-style-type: none"> Appraisal Meetings Awards 	<ul style="list-style-type: none"> Increased Team Performance Increased Personal Performance
Arrange Ramping-Down	<ul style="list-style-type: none"> Team charter Leadership charter Personal contributions Team Success 	<ul style="list-style-type: none"> Lessons learned meeting Good-bye meeting 	<ul style="list-style-type: none"> Lessons learned report „Dissolved“ Teams Improved Virtual Team Skills

Table 2: VTMM processes and their Inputs, Methods and Outputs

The 11 processes have been described separately by several authors [12, 32-35] in various contexts. The processes have been included in the model based on validated relevance for team performance by the expert panel. This first ongoing field study has provided strong positive feedback.

The VTMM Key Performance Indicators

Each VTMM process is defined through KPIs, which have a different quality for each of the levels. The “Organize Get-to-know-each-other”-process is shown as an example in Table 3:

VTMM Process KPI	Basic Level	Advanced Level	Mastery Level
Organize Get-to-know-each-other	Team members have pictures from each other, as profile pictures	Team members have pictures of each other, as profile pictures	All team members maintain their social media profiles and connect to each other
	Team members seldom chat with each other; seldom share private information to learn more about each other	Team members sometimes chat with each other; sometimes share private information to learn more about each other	All team members use the same platform and share information outside work
	Team members sometimes chat with each other; sometimes share private information to learn	Team members know a bit about the family situation of the other team members	Team members celebrate their birthdays informally
		Team members know much about the family situation of the other team members	Team members frequently chat about everything with each other; frequently share private information using individual and team chats
			Team members know details about the family situation of the other team members

Table 3: The VTMM KPI’s of the “Organize Get-to-know-each-other”-process

On the Basic level, there is just little information available about other team members. Team members have limited interactions with each other. On the Advanced level, the team members share more information about each other and engage in personal information. At the Mastery level, the team members engage in deep social interactions, because they care about the team members, not because they have to. This shows an evolution of the interactions between the team members and this interaction can be assessed.

This example also shows the principle of VTMM KPIs. They are not simple yes/no measurements but capture social interactions and the way the virtual team engages with all team members. So the KPIs capture the perception of how much the processes are consistently present within the team.

The result of an assessment can be a uniform opinion about the team’s performance in this process or a diverse opinion about the team’s performance on this process. The latter case is more common after an initial assessment. This indicates that sub-teams have different perceptions about the team’s performance. An

usual improvement is to align all team members on a common team maturity level.

A traditional face-to-face team compensates for the get-to-know-each-other process through non-verbal communications (team member look at each other in the meeting room, having casual conversations at the coffee machine, etc.). Virtual teams need a process to compensate the missing non-verbal communication. The impact on non-verbal communication was researched by Hinde [36]. The human brain did not develop significantly since then, however technology made a huge leap. Now, we need to learn how to communicate with the available technology. This is the spirit of VTMM KPIs.

The VTMM assessment process

VTMM was evaluated in a real world scenario in a longitudinal study on an active industry team with firm deadlines, deliverables and milestones, where VTMM assessments are based on Deming’s Plan-Do-Check-Act (PDCA)-cycle [37]. There are two different approaches to a VTMM-assessment. One approach supports an internally driven virtual

team improvement process and the other supports assessment of supplier team capability.

The VTMM-assessment process for an internal improvement initiative is outlined below:

1. The team does the full VTMM assessment where all VTMM processes are assessed.
2. The results are presented to the team leader and a report is generated.
3. The VTMM model is tailored to the requirements of the team, as some processes may be irrelevant to that particular team. Up to three processes can be tailored for the follow-up assessments.
4. Up to three improvement initiatives will be agreed on with the team leader and a schedule for the follow-up assessment will be planned.
5. After the agreed time, a re-assessment will take place and the results will be shown. Then the next round of improvement will repeat until the team reaches the required team performance.

VTMM is less prescriptive for internal team performance improvement initiatives. The value for the team is the focus of the assessment and the processes should be optimized to get the fastest and most cost effective improvement for the team.

The VTMM assessment for a client-supplier assessment is implemented as follows:

1. VTMM is tailored to the needs of the client before the first assessment takes place. The client can tailor the levels and the processes of VTMM according to the requirements. It is recommended to have all processes included in the assessment.
2. The supplier is assessed and the results are presented to the client and the supplier.
3. An improvement plan is agreed including improvement activities and deadlines.
4. A follow-up assessment is performed according to the schedule published in the improvement plan.
5. If necessary, further improvement activities are needed.

In this type of assessment, VTMM is used as a benchmark for the client getting the right level of confidence in the team performance of its suppliers and partners. As VTMM is designed in a flexible way, in terms of level definition and processes, the model can be tailored to

the needs of the organization. The objective is to get a standard implemented. VTMM in its standard version should cover 80% of the requirements for good virtual communication processes for any team.

Calculation of the maturity level

The KPI's of each level of the process have a point value according to the maturity level:

- Undefined: 0 Point
- Basic: 1 Point
- Advance: 2 Points
- Mastery: 3 Points

Then each team member rates the presence of a process according to the KPI. The level is calculated by the sum of the assessment for each process divided by the number of team members. A full number needs to be achieved for the level, e.g. 1.8 is still level 1 and not level 2.

During this assessment, differences in perception become visible, too. If one sub-team gives high scores and the other sub-team for the same process low scores, then there is a difference in perception, which needs addressing by the team leader.

Cost of VTMM performance improvement efforts

In the current business environment, the available budgets for internal improvement activities are low. A maturity assessment of any kind needs to be cost-conscious. VTMM was designed to reduce the efforts and durations of an assessment and to allow for fast iterations in team performance improvements. This approach was taken from the agile software development life cycle [38].

Completing an assessment questionnaire takes about 15 minutes per team member. The presentation of the results and the development of an action plan takes about 2 hours for the team leader. The implementation of the action plan is time-boxed for about 4 weeks with an effort of about 1 - 2 hours/week for each team member. The action plan normally has three improvement activities, which the team leader will facilitate with the team. It is recommended to have two to three virtual meetings for the

implementation of one improvement activity. Practical observation with real virtual teams showed that more than three improvement activities is too much change for the team. Finally, the team is re-assessed and the results are presented. The efforts and durations are identical as that of the steps of the initial assessment. The total effort requires a low investment from the team compared to the potential increase of team performance.

The international consultancy company case study

The case study company has a typical business unit structure. As a result of many years of project experience, the company also offers their own software products and solutions.

Since the founding of the company in the early 1980s, it has been consulting with customers on how to optimize their business processes and systems. The consultancy focuses predominantly on the banking and insurance sectors, on telecommunication, information, tourism, logistics and media. Their staff combines IT with domain expertise and are held accountable to high professional standards when it comes to consulting and executing complex IT projects. The company's research & development team reviews and analyses trends, evaluates technologies and assesses them within the context of scientific studies.

The company is headquartered in Germany with offices around the world and around 700 staff work in distributed teams for the company in numerous international projects.

Within this company, one team was selected for the longitudinal case study while working virtually on real-world projects.

Research Methodology for the Case Study

The case study was designed according to Deming's PDCA (Plan – Do – Check – Act) cycle of continuous improvement. First the self-assessment was planned and agreed with the team leader. Then four team members including the team leader completed the full VTMM assessment. After the results were presented, the team leader decided to extend the assessment to the whole team. Moreover, an improvement plan was agreed on and implemented by the team leader. After the agreed schedule, a re-assessment was carried-out checking the performance improvement made by the team.

The results of the initial assessment are shown in Table 4 below. The Undefined level answers are shown in normal print, the Basic level answers are shown in italics, the Advance level answers are shown in bold and the Mastery level answers are shown in bold and italics:

Member A	Member B	Member C	Member D	Points
Do the team members have a social media profile such as LinkedIn or Facebook?				
I don't know.	I don't know.	I don't know.	I don't know.	0
Do team members celebrate their birthdays?				
I don't know.	No	Team members celebrate their birthdays informally.	Team members celebrate their birthdays informally.	6
Do the team members share private information through chat and other means to learn more about each other?				
Team members sometimes chat with each other, sometimes sharing private information	Team members sometimes chat with each other, sharing private information	Team members sometimes chat with each other, sharing private information	Team members sometimes chat with each other, sharing private information	8
Do the team members have pictures of the other team members?				
KPI is not applicable for my team	Team members do not have pictures from each other	Team members do not have pictures from each other	Team members have pictures from each other as profile pictures	1
Do team members know about the family situations of the other team members?				
KPI is not applicable for my team	Team members know much about the family situation of the other team members	Team members know details about the family situation of the other team members	Team members know a bit about the family situation of the other team members	7
Team's maturity level for the process of Get-to-know-each-other:				1

Table 4: Results of the initial assessment

In total, the team achieved 23 points from 60 possible points $n=20$ replies. Dividing the points through the number of replies results in 1,15 which corresponds to level 1: Basic of VTMM. In addition, this assessment showed a significant difference between Member A and Member D. This is an indication that the perception on the team's performance about this process is very different. As the team member's age was on average around 40 years, it is not surprising that the team did not use social media too much for their team interactions.

The eight team members were in age and gender:

- 1 x 18-35, male
- 1 x 18-35, female
- 3 x 36-50, female
- 2 x 36-50, male
- 1 x >50, male

The team leader tailored the VTMM processes

“Engage in Trust-Building” and “Arrange Ramping-Down” after the initial assessment, as the team members have been working together for several years and there is no change planned. These two processes were not classified as relevant contributing factors for the team performance. Therefore, the team wanted to focus on other processes for the improvement initiative. This was a valid approach for this internal self-assessment based on the steady environment that the team operates in. There is no fluctuation in the team. The team works together for some time and there is a good level of trust within the team.

The team leader agreed on presenting the results to the team and discussing the possible improvements. This discussion alone proved valuable to the team's performance as the different perceptions could be aligned. After three months a re-assessment was done showing improvements in team performance.

Results and Improvements

Figure 1 shows the results of the initial assessment:

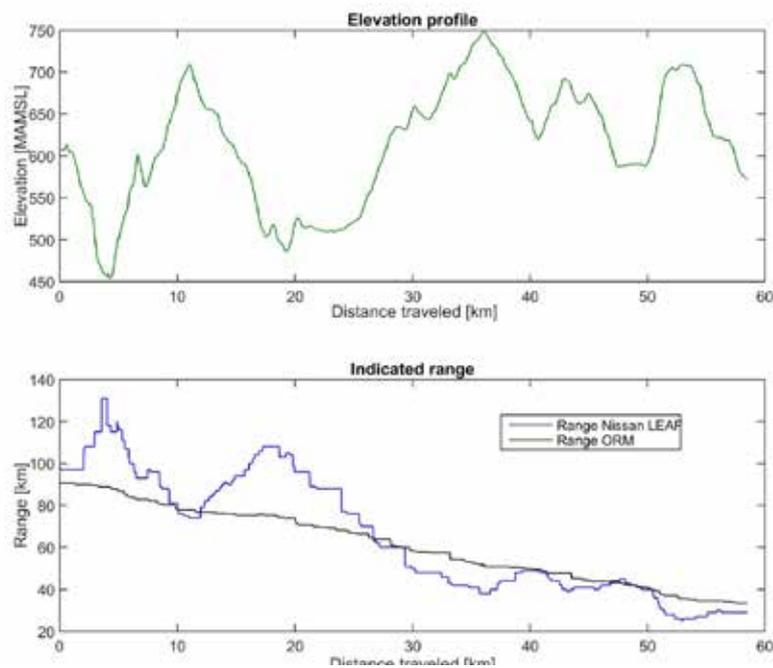


Figure 1: Results of the Initial Assessment

This team had good results on the VTMM processes “Organize Decision-Management”, “Perform Task Management” and “Define Information Management”. The process “Give and receive Feedback”, “Give Rewards &

Recognitions” and “Engage in Trust building” were less present on the team. Also within the processes of “Agree Rules” and “Set Goals” there was a strong diverse view on its presence within the team.

After three months, a reassessment was carried-out. The results were as shown in Figure 2.

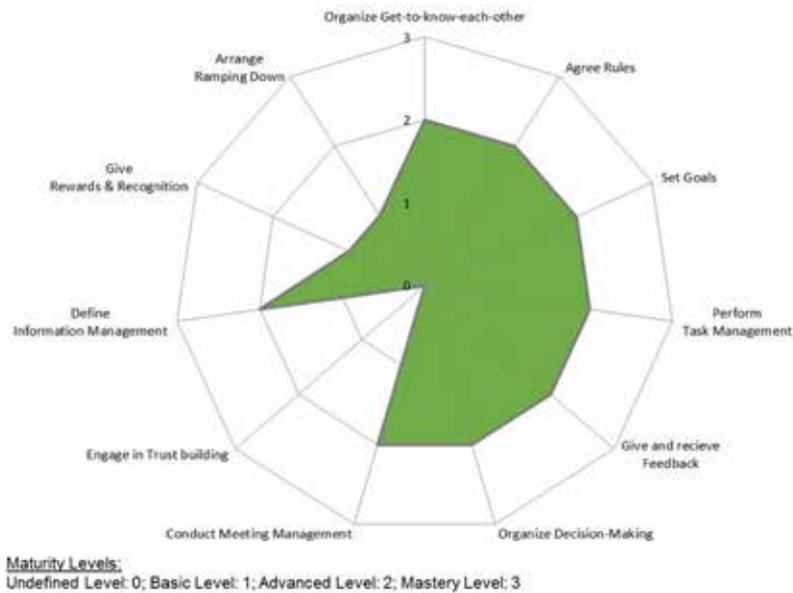


Figure 2: Results of the re-assessment

As shown in Figure 2, the team performance improved in many areas. Still there is a need for improving the “Give Rewards & Recognition” process. In addition, the results were more aligned and the variation within a process significantly reduced. The team discussed the processes and what is needed for good team performance. This created a common awareness among the team members.

This shows that the team performance increased through the application of VTMM.

This pilot longitudinal VTMM assessment is inline with the findings from the Delphi experiment, showing the importance of VTMM processes compared to its practical implementation as shown in Figure 3 below:

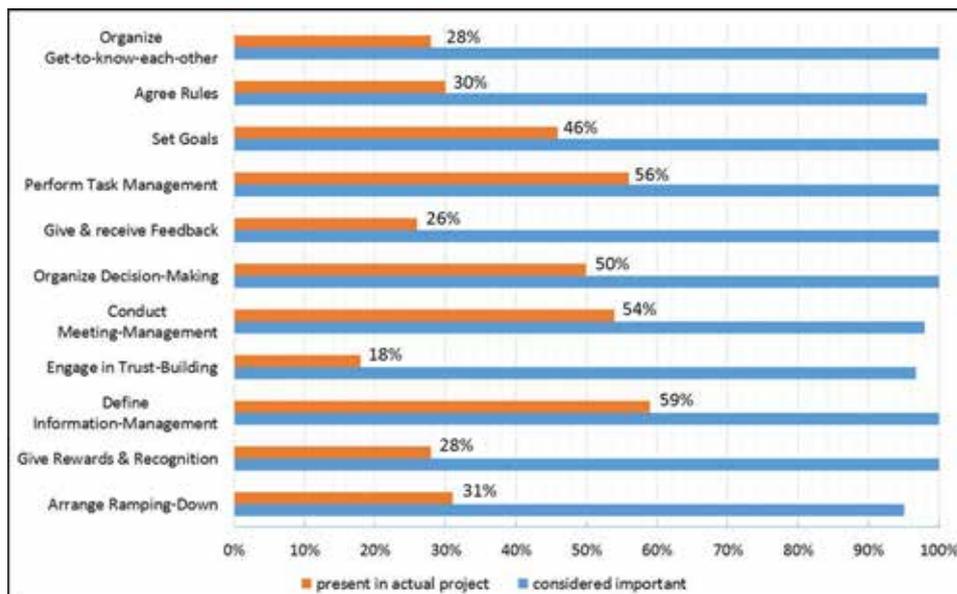


Figure 3: Importance and presence of the 11 processes of VTMM, from the Delphi expert panel

Figure 3 shows that “Give Rewards & Recognitions” was in general also poorly present on virtual teams. In general, the softer processes (Give and receive Feedback, Engage in Trust building) are less present in virtual teams. This indicates that the relationship between the individual and the team needs to be improved so that the overall team performance can be improved. The results correspond with the findings of Cohn in her TCI-model.

Conclusions

Virtual teams play a key role in business productivity, as more and more activity is dispersed across geographically distributed teams. Having even a minor impact on the performance of a virtual team should have a major impact on productivity. The VTMM tool sets about to enhance the efficiency of virtual teams by assessing and improving performance across 11 different dimensions. The objective of this pilot case study was to therefore to validate the VTMM assessment processes within a real virtual team. The results showed a positive trend and that the assessment principles of VTMM and the KPIs are applicable to industry-based virtual teams. In addition, the industry team leader, who was initially sceptical about the value of VTMM expressed surprise that a team, that had worked together well in the past, found so many improvements in team performance. On foot of this, the VTMM was then extended to the full team.

References

- [1] D. L. Duarte and N. Tennant Snyder, *Mastering virtual teams: Strategies, tools, and techniques that succeed*, 3rd ed. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2006.
- [2] T. Philip, E. Wende, and G. Schwabe, “Exploring Early Warning Signs Of Failure In Offshore-Outsourced Software Development Projects At The Team Level: Paper 196,” in *European Conference on Information Systems (ECIS) 2013 Completed Research: ECIS 2013 Proceedings*, Association for Information Systems Electronic Library (AISeL), Ed, 2013.
- [3] J. G. Guzmán, J. Saldaña Ramos, A. Amescua Seco, and A. Sanz Esteban, “Success Factors for the Management of Global Virtual Teams for Software Development,” in *Enhancing the modern organization through information technology professionals: Research, studies, and techniques*, R. Colomo-Palacios, Ed, Hershey, Pa: IGI Global (701 E. Chocolate Avenue, Hershey, Pennsylvania, 17033, USA), 2013, pp. 239–249.
- [4] K. M. Chudoba, E. Wynn, M. Lu, and M. B. Watson-Manheim, “How virtual are we? Measuring virtuality and understanding its impact in a global organization,” *Information Systems Journal*, vol. 15, no. 4, pp. 279–306, 2005.
- [5] Ivanov, A. and Cyr, D. (2014). Satisfaction with Outcome and Process from Web-based Meetings for Idea Generation and Selection: The Roles of Instrumentality, Enjoyment, and Interface Design. *Telematics and Informatics*, 31, 543-558.
- [6] M. Müthel and M. Högl, “Tackling the Leadership Challenge in Dispersed Project Teams,” *Projekt Management aktuell*, no. 5, pp. 32–39, 2008.
- [7] B. Leonard, “Managing Virtual Teams,” *HR Magazine*, no. June, pp. 39–42, 2011.
- [8] N. R. Lockwood, “Successfully Transitioning to a Virtual Organization: Challenges, Impact and Technology,” *SHRM Research Quarterly*, no. First Quarter, pp. 2–10, <http://www.global-dynamics.com/uploads/images/2010%201st%20quarter%20SHRM%20Research%20Quarterly%20-%20Successfully%20Transitioning%20to%20a%20Virtual%20Organization%20-%20Challenges,%20Impact%20and%20Technology.pdf>, 2010.
- [9] M. Dorr, *Developing Real Skills for Virtual Teams*. Available: <http://www.kenan-flagler.unc.edu/executive-development/custom-programs/~media/Files/documents/executive-development/developing-real-skills.ashx>.
- [10] S.-S. Wong and R. M. Burton, “Virtual Teams: What Are Their Characteristics, and Impact on Team Performance?,” *Computational & Mathematical Organization Theory*, vol. 6, no. 4, pp. 339–360, 2000.
- [11] W. Curlee, “Modern virtual projectmanagement: The effects of a centralized and decentralized project management office,” *Project Management Journal*, vol. 39, no. S1, pp. 83–96, 2008.
- [12] K. Cormican, S. Morley, and P. Folan, “An Analysis of Virtual Team Characteristics: A Model for Virtual Project Managers,” *Journal of Technology Management & Innovation*, vol. 10, no. 1, pp. 188–203, 2015.
- [13] J. E. Nemiro, *The handbook of high-performance virtual teams: A toolkit for collaborating across boundaries*, 1st ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2008.
- [14] M. E. Fitzpatrick, “Cultural Discourse Practices 2.0: A Thesis Presented to the Faculty of California State University, Chico,” *California State University, Chico, CA, USA*, 2014.
- [15] F. Pangil and J. M. Chan, “The mediating effect of knowledge sharing on the relationship between trust and virtual team effectiveness,” *Journal of Knowledge Management*, vol. 18, no. 1, pp. 92–106, 2014.
- [16] E. Andersen, *Why Purely Virtual Teams Don't Work*. Available: <http://www.forbes.com/sites/erikaandersen/2013/04/01/why-purely-virtual-teams-dont-work/>.

- [17] O. Saafein and G. A. Shaykhian, "Factors affecting virtual team performance in telecommunication support environment," *Telematics and Informatics*, vol. 31, no. 3, pp. 459–462, 2014.
- [18] R. Friedrich, U. Bleimann, I. Stengel, and P. Walsh, "VTMM - Virtual Team Maturity Model," in *Proceedings of the 7th European Conference on Management, Leadership and Governance: SKEMA Business School, Sophia-Antipolis, France, 6-7 October 2011*, C. Despres, Ed, Reading: Academic Publishing, 2011, pp. 159–166.
- [19] S. M. Bryant, S. M. Albring, and U. Murthy, "The effects of reward structure, media richness and gender on virtual teams," *International Journal of Accounting Information Systems*, vol. 10, no. December, pp. 190–213, 2009.
- [20] T. U. Daim, A. Ha, S. Reutiman, B. Hughes, U. Pathak, W. Bynum, and A. Bhatla, "Exploring the communication breakdown in global virtual teams," *International Journal of Project Management*, vol. 30, no. 2, pp. 199–212, 2012.
- [21] P. Kanawattanachai and Y. Yoo, "The Impact of Knowledge Coordination on Virtual Team Performance Over Time," *MIS Quarterly*, vol. 31, no. 4, pp. 783–808, 2007.
- [22] L. Jehle and M. Ribeiro, "Globale virtuelle Projektteams und kulturelle Zusammenarbeit," in vol. 2, *Neuigkeiten vom PMI in Süddeutschland, PMI Muc Live*, Ed, 2015, pp. 15–19.
- [23] European Foundation for Quality Management (EFQM), *EFQM Excellence Model 2013: Kindle Edition*, 2013.
- [24] M. B. Chrissis, M. Konrad, and S. Shrum, *CMMI: Guidelines for process integration and product improvement*. Boston: Addison-Wesley, 2003.
- [25] Y. S. Zofi, *A manager's guide to virtual teams*, 1st ed. New York: American Management Association, 2012.
- [26] B. W. Tuckman and M. Jensen, "Stages of Small-Group Development Revisited," *Group & Organization Management*, vol. 2, no. 4, pp. 419–427, 1977.
- [27] J. Kostner and U. Zehetmayr, *König Artus und die virtuelle Tafelrunde: Wie Sie Teams aus der Ferne zu Höchstleistungen führen*. Wien: Signum, 2002.
- [28] M. Hildebrandt, *Closeness at a distance: Leading virtual groups to high performance*. Faringdon, Oxfordshire, GB: Libri Publishing, 2014.
- [29] R. Lau, "Delivering projects with virtual teams," in vol. 2, *Proceedings of the International Engineering Management Conference, IEEE International*, Ed, 2004, pp. 737–741.
- [30] R. C. Cohn, *Von der Psychoanalyse zur themenzentrierten Interaktion: Von der Behandlung einzelner zu einer Pädagogik für alle*, 13th ed. Stuttgart: Klett-Cotta, 1997.
- [31] E. Hornecker, *Process and Structure - dialectics instead of dichotomies*. Available: <http://www.ehornecker.de/Papers/TZI.pdf>.
- [32] G. Hertel, S. Geister, and U. Konradt, "Managing virtual teams: A review of current empirical research," *Human Resource Management Review*, vol. 15, no. 1, pp. 69–95, 2005.
- [33] E. Rusman, J. van Bruggen, and R. Koper, "Theoretical Framework for the Design and Development of a Personal Identity Profile Fostering Interpersonal Trust in Virtual Project Teams," in *Proceedings of the 6th Workshop on Social Intelligence Design (02-04.07.2007; Trento, Italien)*, 2007, pp. 279–286.
- [34] C. B. Gibson, L. Huang, B. L. Kirkman, and D. L. Shapiro, "Where Global and Virtual Meet: The Value of Examining the Intersection of These Elements in Twenty-First-Century Teams," *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, vol. 1, no. March, pp. 217–244, 2014.
- [35] M. R. Hosseini, J. Zuo, N. Chileshe, and B. Baroudi, "A conceptual meta-framework for managing multicultural global virtual teams," *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, vol. 12, no. 4, pp. 310–330, 2013.
- [36] R. A. Hinde, *Non-verbal communication*. Cambridge [England]: University Press, 1972.
- [37] H. Bin-Abbas and S. H. Bakry, "Assessment of IT governance in organizations: A simple integrated approach," *Computers in Human Behavior* (Elsevier Publishing), vol. 32, no. March, pp. 261–267, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S074756321300472X>, 2014.
- [38] A. Moran, "Agile Project Management," in *Managing Agile: Strategy, implementation, organisation and people*, A. Moran, Ed.: Springer, 2015, pp. 71–101.

Appendix

VTMM Key Performance Indicators

VTMM Process KPI	Basic Level	Advanced Level	Mastery Level
Organize Get-to-know-each-other	Team members have pictures from each other, as profile picture	Team members have pictures of each other, as profile picture	All team members maintain their social media profiles and connect to each other
	Team members seldom chat with each other; sharing private information to learn more about each other	Team members sometimes chat with each other; sharing private information to learn more about each other	All team members use the same platform and share information outside work
	Team members sometimes chat with each other; sharing private information to learn	Team members know a bit about the family situation of the other team members	Team members celebrate their birthdays informally
		Team members know much about the family situation of the other team members	Team members frequently chat about everything with each other; sharing private information using individual and team chats
			Team members know details about the family situation of the other team members
Agree Rules	We have an informal team charter	We have a formal team charter in defined template	We have a formal team charter in defined template with archiving process
	We have an informal team constitution	We have an informal leadership charter	We have a formal leadership charter in defined template with archiving process
		We have a formal team constitution in defined template	We have a formal team constitution in defined template with archiving process
Set Goals	Some team goals are defined informally	Some team goals are defined formally, agreed and committed by team members	All team goals are defined formally, agreed and committed by team members
		Some personal goals supporting the team goals are agreed and committed formally	All personal goals supporting the team goals are agreed and committed formally
			All team and personal goals are monitored and optimized formally in a peer process
Perform Task Management	We distribute tasks within the team and follow-up on them occasionally.	We have a process defined. All tasks are recorded, assigned and followed-up in a structured manner.	We have a process defined. All tasks are recorded, assigned and followed-up in a structured manner. We continuously seek to improve the process and reduce its complexity.
	We use standard office tools to manage tasks, e.g. Outlook, Excel.	We use one collaborative tool for task management so that everybody is on the same page.	We use an integrative tool to combine task management with other team processes such as meeting management
	We use a standard office tool to manage work status reports.	We use one format and one tool for the work status reports. The report generation is done manually.	We use one tool which automatically generates work status reports. The reports are generated automatically.

VTMM Process KPI	Basic Level	Advanced Level	Mastery Level
		We have an agreed format for our tasks defined and the fields are enforced.	We have an agreed format for our tasks defined and our task management tool supports this format.
		We have a proactive task control process in our team defined. This process gives advanced notices to tasks owners.	We have an automated system for task control in our team and the team members complete tasks on or ahead of time.
		We agree on all tasks effort estimates.	We estimate and, if necessary correct the effort estimates following a defined process, on all tasks.
Give and receive Feedback	Sometimes feedback polls are taken at the end of virtual meetings	Periodically feedback polls are taken at the end of virtual meetings	Always feedback polls are taken at the end of virtual meetings
		Periodically records on numbers of formal team feedback sessions are taken	Always records on numbers of formal team feedback sessions are taken
Organize Decision-Making	We do not have a decision making process	We have an informal decision making process	We have a formal decision making process
	We sometimes record our decision	Every team member can ask for a decision on any topic, but needs to be approved by team leader	We record our decision formally
	Not all team members have to participate formally in the decision-making through poll	Decisions are implemented as documented via email	Every team member can ask for a decision on any topic
		Sometimes decisions are taken within a defined time	Every team member can ask for a decision on any topic, but needs to be approved by team
			Often decisions are taken within a defined time
			All team members have to participate formally in the decision-making through poll
			Decisions are implemented as documented formally in a defined template
Conduct Meeting Management	We create an informal agenda at the beginning of the meeting	We create a formal agenda when we plan the meeting	We create formal agenda when we plan the meeting and get approve before meetings
	We have informal minutes	We have formal minutes	We have formal minutes
	We have informal lead times	Team invites people and asks feedback from participants	We have formal minutes with approval process
	Team think about who can contribute and invite people	We have a formal time limitation	We have formal lead times with approval process
	We have an informal time limitation		We have formal lag times with approval process
	We have an informal process		Team invites people and ask feedback from participants for improvement of process
			We have a formal time limitation

VTMM Process KPI	Basic Level	Advanced Level	Mastery Level
			We continuously work on reducing the time limit
			We have a formal process
			We have a formal process and work on its improvement
Engage in Trust building	We once recorded how the variety of social activities match the team culture	We have some special occasions for team building reserved	We always keep records on regular, repetitive social activities
			We always record how the diversity of social activities match the team culture
Define Information Management	We have an agreed information distribution process and users using a filing system like share storage	We have an agreed information distribution process and users using a filing system like share storage	We have an agreed process with more controlled share + collaboration functionality such as DMS
	We use a share folder to upload documents and share within our team google drive	We have an agreed process with more controlled share + collaboration functionality such as Sharepoint or Google Drive	We use a tool to control versions of documents like Sharepoint
	We informally track variations from our document control processes	We use a tool to control versions of documents like Sharepoint	Team members follow and improve the information distribution process
		Team members follow the information distribution process	Team members are trained to follow and improve the information distribution process
		Team members follow and improve the information distribution process	Team members follow and improve the document control process
		Team members follow the document control process	Team members are trained to follow and improve the document control process
		We keep the number of change requests in the log history of documents	We use a tool to record number of change request on our baseline documentation
		We have different storage for keeping documents and stakeholder have access to documents based on their permissions	We use a DMS to keep all of changes on our information
		We track variations from our document control processes using standardized templates	We use an integrated tool to control all aspects of documents such DMS tools
			We use a tool to track variations from our document control processes
		We use an integrated tool to control versions of documents	

VTMM Process KPI	Basic Level	Advanced Level	Mastery Level
Give Rewards & Recognition	We sometimes apply the rewards & recognitions available within your company	We have formally planned targets for individual rewards & recognitions	We always apply the rewards & recognitions available within your company
		We have formally planned targets for team rewards & recognitions	We have formally planned targets for team rewards & recognitions
			We have formally planned targets for team rewards & recognitions open for improvement
			We have formally planned targets for individual rewards & recognition
			We have formally planned targets for individual rewards & recognitions open for improvement
			We have different rewards & recognitions for different project phases planned
Arrange Ramping Down	We have an informal kick-out meeting at the end of the project	We have a formal kick-out meeting at the end of the project	We have a formal kick-out meeting at the end of the project with approval process
	We have an informal lessons learned process at the end of a project phase or at the end of the project	We have a formal lessons learned process at the end of a project phase or at the end of the project	We have a formal lessons learned process at the end of a project phase or at the end of the project
	We celebrate the completion of a project phase with your team simple and informally	We sometimes stay in contact with your virtual team members after the end of a project	We have a formal lessons learned process at the end of a project phase or at the end of the project with approval process
	We have a simple and informal farewell celebration when a team member leaves the virtual team	We have a simple and formal farewell celebration when a team member leaves the virtual team	We celebrate the completion of a project phase with our team formally with approval process for next phases
			We have a formal farewell celebration when a team member leaves the virtual team
			We always honor the contributions of a team member leaving the virtual team

Table 5: VTMM Key Performance Indicators



Ralf Friedrich

Ralf Friedrich ist geschäftsführender Gesellschafter einer Unternehmensberatung, die sich auf die Leistungssteigerung virtueller Teams spezialisiert hat. Er promoviert am CIT (Cork Institute of Technology) zum Thema "Leistungssteigerung virtueller Teams". Das Ergebnis seiner Forschung ist das Reifegradmodell VTMM – Virtual Team Maturity Model. Er war auch der Program Manager für die erste Version von PMI®'s OPM3® - Organizational Project Management Maturity Model und einer der Projektpartner im EU-Projekt S—Cube, welches die Entwicklung von interpersonellen Fähigkeiten durch einen 3D-Simulator validiert hatte.

Ralf Friedrich is the CEO of a consultancy company with a focus of performance improvements of virtual teams. He is a Ph.D. student at CIT (Cork Institute of Technology). The main deliverable of his research is VTMM – Virtual Team Maturity Model. He was actively involved in the development of maturity models and PMI®'s first program manager releasing OPM3® – Organizational Project Management Maturity Model. He was one of the main contributors of the S-Cube, an EU project researching the development of interpersonal competencies through a 3D-simulator.

Kontakt / Contact

✉ ralf.friedrich@gepros.com



Prof. Dr. Udo Bleimann

Udo Bleimann ist promovierter Betriebswirt (Ph.D.) und absolvierte einen Master-Abschluss in Mathematik. Seit 1985 ist er Professor für Wirtschaftsinformatik an der Hochschule Darmstadt. Überdies hält er das Amt des Vorsitzenden des Industriebeirats aiDa (Institut für Angewandte Informatik Darmstadt) inne. Er ist als Gastprofessor und Research Fellow an der Plymouth University (England), der Glyndŵr University (Wrexham, Wales) und am Cork Institute of Technology (Irland) tätig. Außerdem ist er Autor, Herausgeber und Koautor von zahlreichen Veröffentlichungen in Büchern, wissenschaftlichen Journals, Konferenz-Proceedings usw.

Udo Bleimann, Ph.D. in Business Management, Master in Mathematics. Since 1985 professor for business computing at Darmstadt University of Applied Sciences. Chairman Advisory Board, Institute of Applied Informatics Darmstadt (aiDa). Visiting Professor and Research Fellow at Plymouth University, Glyndŵr University, Wrexham and Cork Institute of Technology.

Author, editor, and co-author of many publications in books, journals, conference proceedings etc.

Kontakt / Contact

✉ udo.bleimann@h-da.de



Prof. Dr. Ingo Stengel

Prof. Dr. Ingo Stengel ist Professor an der Fakultät für Informatik und Wirtschaftsinformatik der Hochschule für Technik und Wirtschaft Karlsruhe. Vor seiner Tätigkeit in Karlsruhe hat er an der Plymouth University, England, am Cork Institute of Technology, Irland, und an der Hochschule Darmstadt gelehrt. Er publizierte zu unterschiedlichen Themen mehr als 40 Forschungsartikel mit Peer-Review, und präsentierte Forschungsergebnisse auf unzähligen internationalen Kongressen, Konferenzen und Workshops.

Ingo Stengel is professor at the Faculty of Computer Science and Business Computer Science of the University of Applied Sciences Karlsruhe. His previous appointments were with Plymouth University, UK, with Cork Institute of Technology, Ireland and with the University of Applied Sciences in Darmstadt, Germany. He published a vast number of peer-reviewed publications at international conferences and in international journals.

Kontakt / Contact

✉ ingo.stengel@hs-karlsruhe.de



Prof. Dr. Paul Walsh

Dr. Paul Walsh ist Research Fellow am Cork Institute of Technology (CIT) und Senior Visiting Research Fellow an der University of Edinburgh, wo er Forschungsprojekte im Bereich Medizinische Informatik und Bioinformatik leitet. Er erwarb seine akademischen Abschlüsse (Ph.D., M.Sc. und B.Sc Hons) am Department of Computer Science der National University of Ireland. Seine umfangreiche Liste an Publikationen enthält auch mehrere Auszeichnungen für herausragende wissenschaftliche Veröffentlichungen. Er ist zertifizierter PMP-Projektmanager und erhielt erst kürzlich eine bedeutende Auszeichnung im Bereich Projektmanagement. Dr. Walsh war bei einer Vielzahl an breit gefächerten Projekten als Berater und Projektmanager tätig, von Start-Ups im Technologiesektor bis hin zu weltweit agierenden Unternehmen. Von ihm geleitete Forschungsprojekte in den Bereichen Datenanalyse, Maschinelles Lernen und High-Performance-Computing erhalten Förderungen aus nationalen und internationalen Forschungsrahmenprogrammen wie dem EU FP7 und Horizon 2020. Zudem leitet Dr. Walsh Fortbildungen in Projektmanagement, Informatik und Analytik für eine Vielzahl an Kunden aus aller Welt.

Dr. Paul Walsh is a Research Fellow at Cork Institute of Technology (CIT) and a Senior Visiting Research Fellow at the University of Edinburgh where he manages research in medical informatics and bioinformatics. He holds a Ph. D., M.Sc. and B.Sc. Hons in Computer Science from the National University of Ireland and has a long list of publications including outstanding paper awards. He was recently awarded a distinction in Project Management, holds a PMI PMP certification and has consulted on a wide range of projects ranging from start-up technology companies to managing projects for global corporations. He is funded under national and international research schemes such as the EU FP7 and Horizon 2020 programmes where he oversees research in data analytics, machine learning and high performance computing. He provides training to a long list of international clients in project management, informatics and analytics.

Kontakt / Contact

✉ paul.walsh@cit.ie

Kettenantrieb für optimierte Traktion an mobilen Robotern

Drive system for optimized traction on tracked mobile robots



Ludwig Barthuber
 Technische Hochschule Deggendorf
 Technologie Campus Cham

Peter Firsching
 Technische Hochschule Deggendorf
 Technologie Campus Cham

ABSTRACT

Räder und Gleisketten stellen in der heutigen bodengebundenen, mobilen Robotik den Standard bei den Antriebselementen dar. Dabei ist die optimale Verbindung zwischen Fahrzeug und Umwelt essentiell. Hinsichtlich Lokalisationsmechanismen, der Optimierung des Vortriebs und der Beurteilung der Umgebung gibt es mechanische und steuerungstechnische Ansätze, die diese Schnittstelle in Bezug auf Kraftübertragung und mathematischer Beschreibung verbessern. Jedoch gibt es derzeit keine Ansätze, um die Traktion in unwegsamem Gelände durch zusätzlichen Krafteinsatz zu verbessern. Daher wird hier ein Konzept eines Gleiskettenantriebes vorgeschlagen, mit dem gezielt auf den Kontaktpunkt des Antriebselements und des Untergrundes Einfluss genommen werden kann. Es kann gezeigt werden, dass der Antrieb auf verschiedene Untergründe optimierbar ist. Zudem wird die Adaption und Integration in bestehende Roboterplattformen erörtert. Der Bedarf von drehzahl- und stromgeregelten Antrieben wird ebenfalls dargelegt und eine dem Konzept entsprechende Regelung entworfen. Das Ergebnis zeigt also einen Antrieb, der unter Vorgabe von Geschwindigkeit und Kraft eine optimale Kraftübertragung zu erreichen vermag und damit Vortrieb und Möglichkeit zur Schnittstellenbeschreibung optimiert. Mit diesem System werden mobile Roboter ertüchtigt, sich an verschiedene Oberflächen anzupassen und so speziell in natürlichen Umgebungen Gegebenheiten auszunutzen, die für reguläre Konzepte vielmehr Hindernisse darstellen. Dadurch kann eine bessere Integration des künstlich geschaffenen Systems Roboter in das natürliche Umfeld realisiert werden.

Wheels and tracks are standard drive components in today's ground linked mobile robotics. In this regard, the optimal connection between vehicle and environment is essential. In consideration to localization mechanisms, optimization of propulsion and estimation of surface, there are mechanical and control approaches to improve this interface in terms of force transmission and mathematical description. However, currently no approaches exist for improving traction in rough terrain through additional force. Therefore we propose a novel concept of a track drive, which enables a precise interaction at the contact point between drive part and environment. It can be shown that the system may be optimized for different surfaces. Moreover, the adaption

and integration in existing robot platforms is discussed. The demand of a revolution speed and current controlled drive is explained as well. Based on this concept, a suitable control is designed. The result reveals a crawler chassis that can, controlled by setting the parameters for speed and force, achieve an optimal force transmission and therefore improve propulsion and quality of mathematical interface description. With this system, mobile robots obtain the ability to adapt to different surfaces and in particular to take advantage of the special conditions given in a natural environment that are rather obstructive for common robot platforms. Thus, a better integration of the artificial system robot in natural surroundings can be realized.

KEYWORDS

Antrieb, Traktion, mobil, Roboter, Kette

1. Einleitung

Um die naturgemäß inhomogenen Einsatzgebiete für mobile Roboter zu erreichen, wurde in der Vergangenheit eine große Zahl an Lokomotionsmechanismen und damit verbunden mechanischen Konstrukten entwickelt und untersucht. Bei bodengebunden Robotern konnte sich dabei der Rad- und der Gleiskettenantrieb als Standard etablieren, wobei sich als Differentialantrieb die Kinematik im Wesentlichen durch die Kontaktfläche unterscheidet.

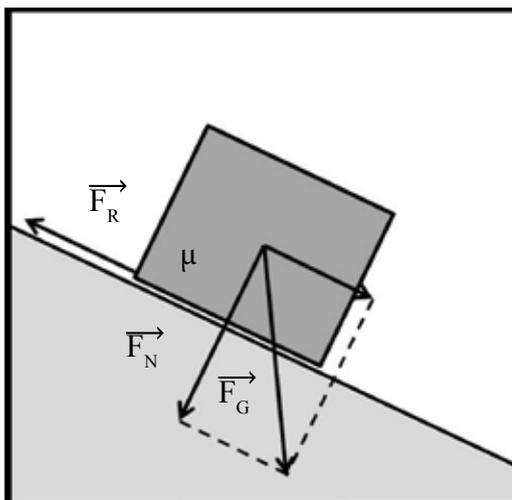


Abbildung 1: Reibungsgesetz

Vereinfacht kann die Schnittstelle zwischen Roboter und Umwelt mit Abbildung 1 dargestellt werden. Die Reibkraft F_R , die der maximalen übertragbaren Antriebskraft entspricht, kann aus der Normalkraft F_N und dem Reibkoeffizienten μ bestimmt werden. Die Normalkraft selbst

ist von der Gewichtskraft des Roboters abhängig. Da prinzipiell leichte Systeme aus Gründen der Dynamik und Reichweite angestrebt werden, kann diese Größe nicht für Optimierungen herangezogen werden. Daher zielen vorgeschlagene Verbesserungen im Wesentlichen auf die Schnittstelle selbst ab.

In Bezug auf reelle bodengebundene Roboter wurden dazu verschiedene Ansätze vorgeschlagen. Einerseits können mechanische Eigenschaften als Indiz herangezogen werden, welche den Kontakt verbessern sollen. Vereinfacht kann dies mit einer Erhöhung von μ ausgedrückt werden. Verschiedene Arbeiten zielen darauf, die Anzahl oder die Fläche der Schnittstelle zwischen Roboter und Umgebung zu erhöhen. Hierbei sind besonders Roboter mit zwei, vier oder sechs Ketten [1-3] zu nennen. Ebenso wird mit der Adaptionfähigkeit des Antriebssystems eine Möglichkeit zur Optimierung geschaffen. Hierbei ist eine Nachführung der Ketten zur optimalen Umschlingung von Kanten [4] möglich, ebenso wie die Anpassung der Geometrie in Höhe und Winkel der Fahrzeugfront [5].

Zu den mechanischen Optimierungen kommen mehr und mehr steuerungstechnische Ansätze, die ohne konstruktive Veränderungen Verbesserungen in der Regelung der Antriebe oder in den Aussagen über die Schnittstelle zulassen. In der Arbeit von Ojeda, Cruz, Reina & Borenstein [6] wird ein Verfahren beschrieben, bei dem über die Messung des Motorstroms Schlupf an den Rädern erkannt werden kann und so die Positionsbestimmung

mittels Odometrie verbessert wird. Im Artikel von Brooks & Iagnemma [7] wird ein Verfahren vorgestellt, bei dem sowohl optisch als auch durch Vibrationsmessung unter Einbeziehung eines Bodenmodells Verbesserungen der Schnittstellenbeschreibung erreicht werden sollen. Über die sensorische Rückmeldung bei speziellen Fahrmanövern [8, 9] sollen ebenfalls Aussagen über die Bodenbeschaffenheit getroffen werden, die eine Beschreibung des Kontaktpunktes bzw. der Kontaktfläche zulassen oder verbessern. Nachteilig ist bei den letztgenannten, die Steuerungstechnik betreffenden Arbeiten gemeinhin, dass die Traktion lediglich beschrieben, selbst jedoch nicht verbessert werden kann, da sie im Allgemeinen von Parametern wie dem Eigengewicht des Roboters, den Antriebselementen und den Umgebungsparametern abhängt.

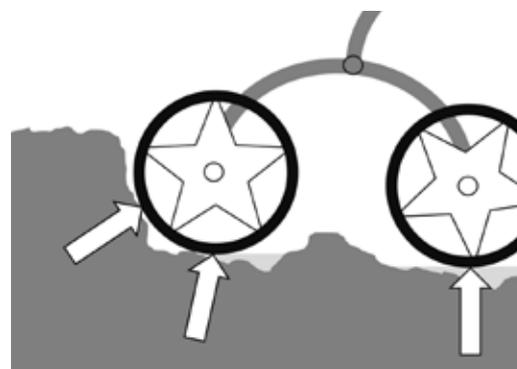
Dieser Punkt wird durch Serviceroboter mit aktiver Traktionserhöhung - bspw. Fensterreinigungsroboter mit Vakuumfixierung - wesentlich verbessert. Das Verfahren bedarf jedoch erheblichen technischen Aufwandes und kann in rauer Umgebung wegen der schwierigen Abdichtung nicht eingesetzt werden. Ein weiteres Verfahren wird im Beitrag von Parness [10] vorgeschlagen. Es sollen sich sogenannte Mikrostaecheln an steinigen, porösen Oberflächen verhaken. Ebenfalls setzt aber dieses Vorgehen einen gleichförmigen Untergrund voraus und kann nicht auf zum Beispiel laubbedecktem Erdboden eingesetzt werden.

Daher wird ein Kettenantrieb vorgeschlagen, der es ermöglicht, eine kontinuierliche Greifbewegung auszuführen. Als Bauform wird ein Differentialantrieb mit zwei Gleiskettenpaaren gewählt. Die Kettenpaare sind mit jeweils zwei Antrieben ausgestattet, die eine komplett unabhängige Bewegung, beziehungsweise Steuerung erlauben. Alle Ketten sind parallel angeordnet. Somit ist es möglich, während der Vortriebsbewegung eine Scherkraft in die Oberfläche einzubringen und damit die maximale Vortriebskraft, welche normalerweise durch die Gewichtskraft beschränkt ist, zu erhöhen.

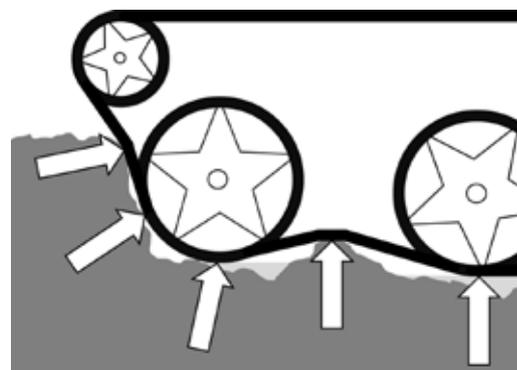
2. Vorüberlegungen

Fahrzeuge aller Art bedürfen allgemein eines Kontaktelements zu ihrer Umgebung. Damit wird eine meist reibschlüssige Verbindung

realisiert, die Kräfte übertragen soll. Durch die Plastizität von Oberflächen wurden vor allem für schwere Fahrzeuge Elemente eingeführt, die den Bodendruck senken sollen. Diese Elemente sind heutzutage beispielsweise als Gleisketten zu finden. Allerdings wird in der mobilen Robotik ein anderer Vorteil des Kettenantriebs ausgenutzt als bei der klassischen Verwendung wie beispielsweise an einer Schubraupe. Während die Schubraupe mit hohem Gewicht auf verformbaren Boden drückt, wird versucht, mit der Kette die Auflast zu verteilen und damit ein Einsinken zu verhindern. Dagegen erzeugt ein mobiler Roboter mit einem Gewicht von meist unter 100 kg von Natur aus einen wesentlich niedrigeren Bodendruck. Es ist allerdings so, dass mobile Roboter sich in eine unklare Umgebung einfinden müssen und daher feste Oberflächen, die für eine Fortbewegung geeignet sind, an verschiedenen, sich verändernden Positionen gegenüber dem Fahrzeug sind. Um diese möglichen Positionen möglichst gut zu erfassen, eignen sich Kettenantriebe besonders gut, da sie große Flächen abdecken im Vergleich zu punktuellen Elementen wie Rädern. Abbildung 2 soll diesen Sachverhalt schematisch darstellen, wobei die Pfeile auf Kontaktpunkte hinweisen.



(a) Radfahrwerk (Rocker-Bogie)



(b) Kettenfahrwerk

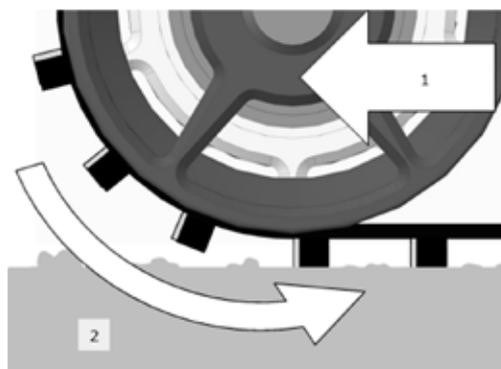
Abbildung 2: Fahrwerksarten

Werden zunächst nur Reibkräfte betrachtet, so kann festgestellt werden, dass diese von der Materialpaarung sowie der Erscheinungsform der Materialien abhängt. Dies zeigt sich beispielsweise bei festem Stein und losem Sand. Dieses Verhalten wird durch das Mohr-Coulomb-Modell physikalisch und beispielsweise durch das Bekker-Modell anwendungsbezogen beschrieben [11]. Dabei kann jeweils ein Kontaktpunkt in Abhängigkeit von innerer Reibung und Kohäsion modelliert werden. Für das Gesamtsystem ist eine Aufrechnung aller Kontaktpunkte nach den jeweiligen Gegebenheiten notwendig.

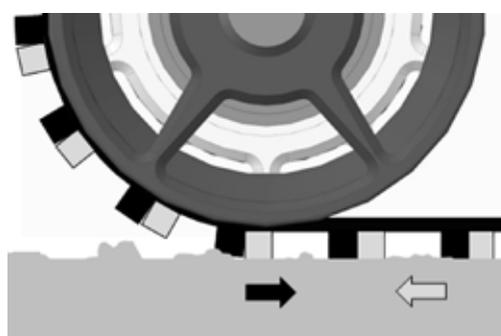
Werden zudem Verhakungen an festen Objekten berücksichtigt, so ist die reibschlüssige Verbindung während der formschlüssigen Verbindung obsolet und die gesamte Antriebskraft kann bis zum Versagen von Stegen oder Stollen von Kette oder Rad an die Umgebung übertragen werden. Schlupf tritt in diesem Fall nicht mehr auf. Eine mathematische Beschreibung von Verhakungen ist aufgrund des zufälligen Charakters mit beschriebenen Modellen nicht möglich.

Wird ein Objekt an einem festen Abhang hinsichtlich der wirkenden Kräfte untersucht, (vgl. Abbildung 1) so kann festgestellt werden, dass mit größerem Gefälle die Normalkraft zwischen den Oberflächen absinkt, die zur Beibehaltung der Position notwendige Haftreibungskraft zunimmt. Daher ist der Steigwinkel als Maß für die Bestimmung des Roboter-Untergrund-Kontakts repräsentativ. Des Weiteren ist ersichtlich, dass die maßgebende Größe Eigengewicht, welche für den horizontalen Fall direkt als Normalkraft wirkt, bei Steigungen vom Reibkontakt teilweise aufgenommen werden muss und daher dem maximal erreichbaren Vortrieb entgegensteht.

3. Gleiskettenfahrwerk



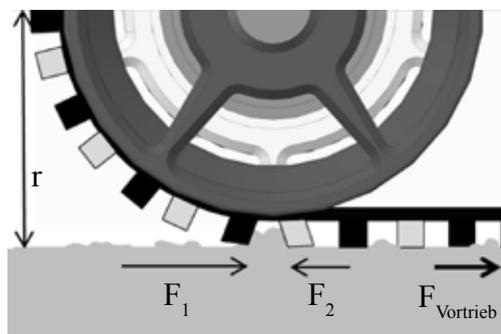
(a) Bewegungsrichtung



(b) Relativbewegung



(c) Kontaktflächen



(d) Kräfte

Abbildung 3: Kettenmechanik

Wie in Abbildung 3a dargestellt, entspricht der Fortbewegungsmechanismus wesentlich dem herkömmlichen Prozess bei Gleiskettenantrieben. Die Fortbewegung (Pfeil 1) wird durch den Antrieb des Kettenrades (Pfeil 2) ermöglicht. Die Ketten werden kontinuierlich auf den Untergrund gelegt und die Räder des Roboters rollen darauf ab. Durch eine weitere parallel angeordnete Kette, die unabhängig von der ersten Kette angetrieben werden kann, ist es nun möglich, die Stege relativ zueinander zu verschieben (Abbildung 3b). Wird nun ein steifes, festes Objekt der Umgebung, wie beispielsweise eine Kante oder ein Ast, erfasst, so kann sich der Antrieb daran verklemmen (Abbildung 3c). Die an die Umwelt übertragbare Kraft hängt dann nicht nur mehr vom Eigengewicht des Roboters ab, sondern zudem von der aufgebrachtten Greifkraft des Antriebes. Zum Erreichen der Kraftwirkung auf den Untergrund ist die Kraftübertragung vom Antriebsrad auf die Gleiskette wesentlich. Daher muss entweder ein ausreichender Reibschluss oder eine formschlüssige Verbindung vorgesehen werden. Es ist daher zwischen der klassischen Herkunft der Gleisketten zu unterscheiden, bei dem die Kette lose auf den Rollen und Rädern liegt und heutigen, häufig anzutreffenden Anwendungen, bei denen bereits eine formschlüssige Verbindung erreicht wird.

Es ist ersichtlich, dass eine Antriebskette nicht zum Vortrieb beiträgt, sondern lediglich zur Erhöhung der Traction dient. In Abbildung 3d sind Kräfte aufgetragen, die diese Wirkungsweise veranschaulichen sollen. Die Größe F_1 beschreibt dabei die Kraft, die zur Fortbewegung notwendig ist. Kraft F_2 ist dem entgegengerichtet und betragsmäßig kleiner, so dass gilt:

$$F_{Vortrieb} = F_1 - F_2 \quad (1)$$

Dabei beschreibt F_{ges} die nach außen wirkende Vortriebskraft. Auf vektorielle Schreibweise kann in der zweidimensionalen Darstellung verzichtet werden, da die Kräfte konstruktiv nur parallel auftreten können und so entsprechend direkt entgegengesetzt gerichtet sind.

Mit dem Radius r können die Antriebsmomente mit $M_1 = F_1 \cdot r$ und $M_2 = F_2 \cdot r$ berechnet werden. Die Vortriebskraft ergibt sich dann aus den Motormomenten aus

$$F_{Vortrieb} = \frac{(F_1 \cdot r - F_2 \cdot r)}{r} = \frac{(M_1 - M_2)}{r} \quad (2)$$

Aus der Formel für die Leistung der Drehbewegung $P = M\omega$ und den beiden entgegengerichteten Momenten M_1 und M_2 ergibt sich die Gesamtleistung der Antriebe, die zur Verfügung gestellt werden muss

$$P_{gesamt} = |M_1\omega_1| + |M_2\omega_2| = P_1 + P_2 \quad (3)$$

Durch Umformung der Gleichung 3.1 erschließt sich, dass F_1 aus den Komponenten der Vortriebskraft $F_{Vortrieb}$ und der Reaktionskraft zu F_2 besteht.

$$F_1 = F_{Vortrieb} + F_2 \quad (4)$$

Durch Variation von F_2 ist es also möglich, die für den Vortrieb eingesetzte Energie zu optimieren.

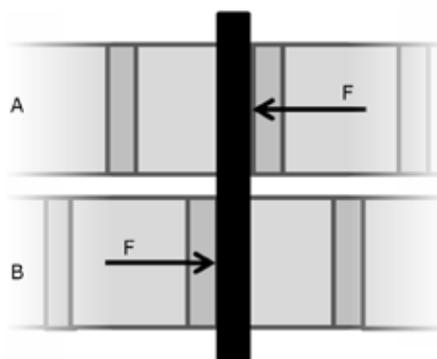


Abbildung 4: Reaktionsmoment

Von der Unterseite zeigt sich der Greifmechanismus wie in Abbildung 4 dargestellt. In der Konfiguration mit zwei Ketten A und B wirken zwei Kräfte auf ein längliches Objekt wie beispielsweise einen Ast. Daher ist ersichtlich, dass durch den außermittigen Kraftangriff ein Drehmoment um den Mittelpunkt des Kettenpaares entsteht. Diese muss von der Oberfläche beziehungsweise den Objekten auf der Oberfläche aufgenommen werden. Bei niedriger Traction der Robotergegenseite ist eine Drehung um die Hochachse denkbar. Unter der Annahme, dass die Objekte die gesamte Fahrzeugbreite überragen, kann durch die symmetrische Scherkrafteinbringung das nach außen wirkende Moment eliminiert werden. Alternativ kann eine Erweiterung mit einer zusätzlichen, dritten Kette je Fahrzeugseite

vorgesehen werden, so dass je Fahrzeugseite nur Greifkräfte ohne Momente wirken.

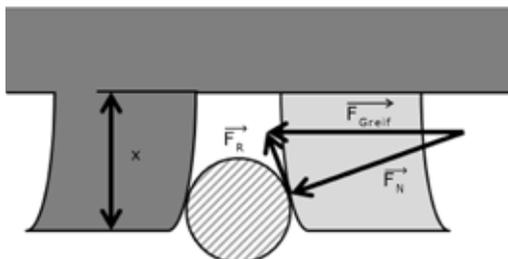


Abbildung 5: Interaktion mit Objekt

Wie in Abbildung 5 zu sehen, gestaltet sich der Greifvorgang als reibschlüssige Klemmung zwischen zwei elastischen Stegen. Über die in der Abbildung horizontale Krafteinbringung und dem verformten Steg ergeben sich eine Normalkraftkomponente und eine dazu orthogonale. Letztgenannte senkrecht stehende Kraft muss über Reibung aufgenommen werden, um das geklemmte Objekt nicht zu verlieren. Durch weitere Verformung des Kettensteges ändert sich das Verhältnis der beiden Kraftkomponenten. Ist der Winkel zu flach, wird die Haftreibungsgrenze überschritten und die Klemmung löst sich. Aus der Gleichung des Biegebalkens [12]

$$\frac{d^2}{dx^2} w = -\frac{M}{EI} \quad (5)$$

ergibt sich mit den Randbedingungen für eine einseitige feste Einspannung der maximale Winkel am Kontaktpunkt zwischen Objekt und Steg:

$$\left(\frac{d}{dx} w\right)_{\max} = \frac{Fl^2}{2EI} \quad (6)$$

Dabei gilt für die Symbole: Verschiebung w , Greifkraft $F = \vec{F}_{\text{Greif}}$, Einspannlänge l , Elastizitätsmodul E und I dem Flächenträgheitsmoment. Daraus ist ersichtlich, dass die Art und Form der klemmbaren Objekte von Faktoren wie den Kettenstegabmessungen, dem Kettenwerkstoff und der Reibpaarung, beschrieben durch μ , abhängig ist. Daher könnte die Kettengeometrie auf festgelegte Objekte optimiert werden. In einer inhomogenen Umgebung ist eine Anpassung jedoch nicht möglich und wird nur ein Kompromiss sein können.

Durch die einfache Struktur ist die Adaption des hier beschriebenen Konzepts auf bestehende Plattformen prinzipiell möglich. Dies erscheint insbesondere dann sinnvoll, wenn Flipperketten parallel an der Roboterseite anliegen und Einzelantriebe verbaut sind.

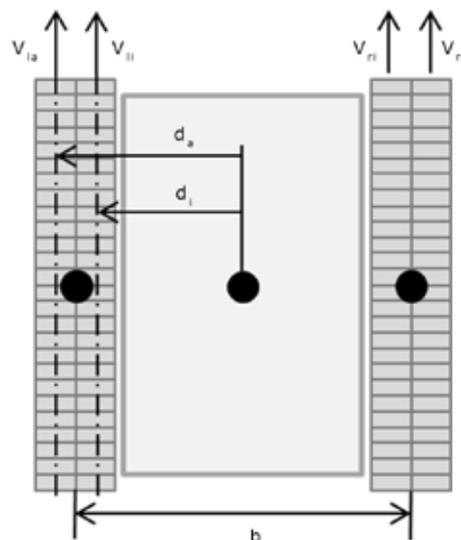


Abbildung 6: Kinematik

Um den Antrieb in herkömmliche Roboter einzubinden, werden nachfolgend Eigenheiten des Systems näher erläutert. Abbildung 6 zeigt eine schematische Darstellung in der Draufsicht des Antriebssystems. Die Größe d_a beschreibt den Abstand des Fahrzeugmittelpunktes zur Symmetrieebene der äußeren Kette. Entsprechend zeigt d_i den Abstand zur Symmetrieebene der inneren Kette. Der mittlere Kraftangriffspunkt kann in Längsrichtung mittig angenommen werden. Dadurch ergibt sich der resultierende Kraftangriffspunkt beider Ketten wie in Formel 3.7 dargestellt zu

$$b = 2 \cdot \frac{d_a + d_i}{2} = d_a + d_i \quad (7)$$

Die resultierende Geschwindigkeit einer Seite bei eingestellter Differenzgeschwindigkeit kann mit der Anzahl der Ketten n näherungsweise durch Mittelwertbildung berechnet werden.

$$v_{res} = \frac{\sum_{k=1}^n v_n}{n} \quad (8)$$

In der abgebildeten Konfiguration mit $n=2$ ergibt sich dann

$$v_{res} = \frac{v_a + v_i}{2} \quad (9)$$

Im Falle eines geklemmten Umgebungsobjektes steigt der Strom am Antrieb der greifenden Kette und regelt die Drehzahl auf $v_a = v_i$ und somit die Drehzahldifferenz zu null.

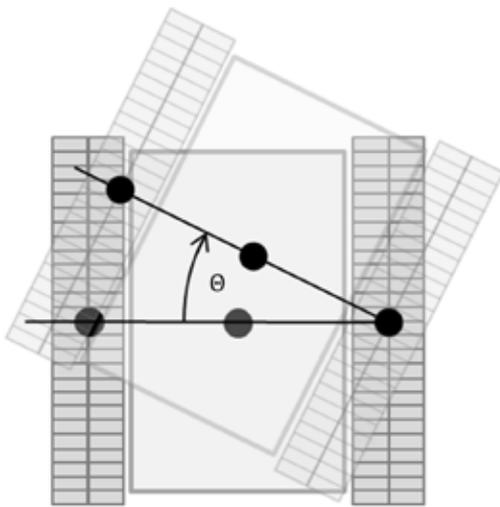


Abbildung 7: Orientierung

Für einen potentiellen Einsatz des Antriebs in bestehenden Roboterplattformen ist eine entsprechende Adaption notwendig. Diese bezieht sich wesentlich, abgesehen von mechanischen Anpassungen, auf die odometriebasierte Positionsbestimmung. Durch die getroffenen Annahmen (7) und (9) kann jedoch festgestellt werden, dass sich eine Poseermittlung mittels Odometrie ebenfalls nach herkömmlichem Verfahren berechnen lässt.

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{v_{res,l} - v_{res,r}}{b} \quad (10)$$

Es kann also die Veränderung der Orientierung als Differenzgeschwindigkeit der beiden Fahrzeugseiten bezogen auf die Fahrzeugbreite errechnet werden. Der Winkel der Orientierung θ ist in Abbildung 7 ersichtlich.

4. Systembeschreibung

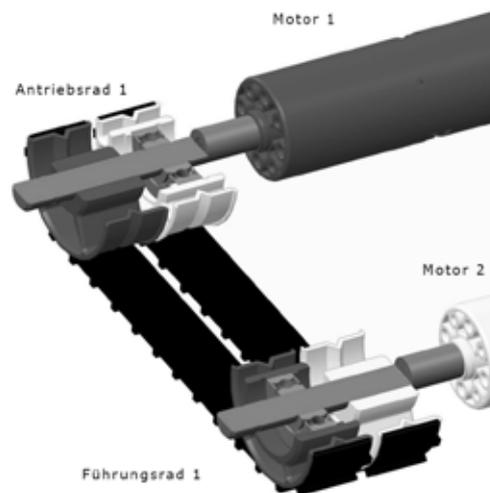


Abbildung 8: Mechanisches Grundkonzept

Auch wenn das Antriebskonzept prinzipiell mit mehreren Ketten ausgeführt werden kann, ist bei den folgenden Ausführungen von zwei Ketten auszugehen. Bei diesen zwei unabhängig steuerbaren, parallel verlaufenden Antriebsketten können die Führungs- und Antriebsräder auf einer gemeinsamen Welle sitzen. Abbildung 8 zeigt den mechanischen Entwurf. Motor 1 treibt über eine Welle ein Antriebsrad 1 an. Das Führungsrad, welches ebenfalls auf der selben Welle sitzt, wird über ein Lager von der Drehbewegung von Motor 1 entkoppelt. Umgekehrt dreht Motor 2 ebenfalls ein eigenes Antriebsrad, wobei das Führungsrad auf selbiger Welle gleichermaßen durch ein Kugellager entkoppelt ist. Diese Konstruktion ermöglicht damit zwei unabhängige Bewegungen der Ketten, welche parallel verlaufen.

Der Systementwurf (Abbildung 9) sieht eine mikrocontrollerbasierte Steuerung des Roboters vor. Es ist damit möglich, einen direkten Zugriff auf die Antriebe zu bekommen und somit drehmomentbildende Ströme und Drehzahlen zu regeln. Vorgaben können vom Leitrechner über die Schnittstelle USB→UART übertragen werden.

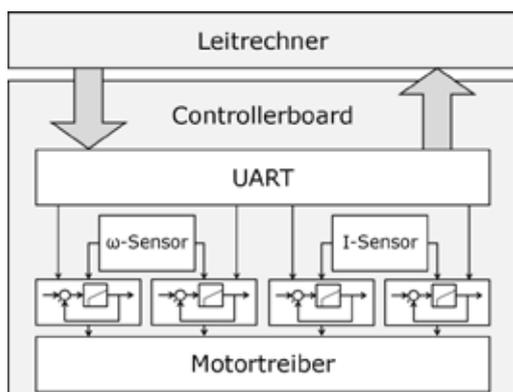


Abbildung 9: Systementwurf

Die Ansteuerung der Antriebe selbst erfolgt über Treiberbausteine, welche durch ein vom Mikrocontroller generiertes pulswidenmoduliertes Signal gesteuert werden. Motorströme werden über den Spannungsabfall an einem Serienwiderstand erfasst und erlauben über die Verrechnung der Motorparameter eine Ermittlung des Antriebsmoments. Über den Durchmesser des Triebades lässt sich die Kraft an den Ketten bestimmen. Drehwinkel werden durch Geber am Motorabtrieb festgestellt. Eine direkte Momenten- bzw. Kraftmessung ist nicht vorgesehen, könnte aber als Drehmomentwaage in die Motorfixierungen integriert werden.

Die Programmstruktur des Mikrocontrollers ist in Abbildung 10 gezeigt. Um eine zeitliche Koordination der Prozesse und Berechnungen sowie die Realisierung der Regelungen zu ermöglichen, ist das Controllerprogramm in Zeitscheiben aufgliedert, welche interrupt-gesteuert aufgerufen werden. Diese Steuerung wird nach der Startsequenz, welche Initialisierungen von Unterfunktionen durchführt und Startwerte setzt, aufgerufen. Die Prozesse sind, soweit möglich, als Zustandsautomaten programmiert, um eine möglichst gleichmäßige Verteilung in den Arbeitsschritten zu erreichen.

Dabei stellen, wie in Abbildung 9 bereits dargestellt, die Abschnitte für Nachrichtempfang und Regelung die wichtigsten Teile dar und werden entsprechend in kürzeren Intervallen aufgerufen. Dabei muss der innere Strom-Regelkreis (vgl. Abbildung 11) öfter ausgeführt werden als der äußere Drehzahlregelkreis. Nachrichtenversand zum übergeordneten Leitsystem, sowie die in Algorithmus 1 beschriebene Maximalwertsuche werden weniger oft ausgeführt, da sie als zeitunkritisch angesehen werden.

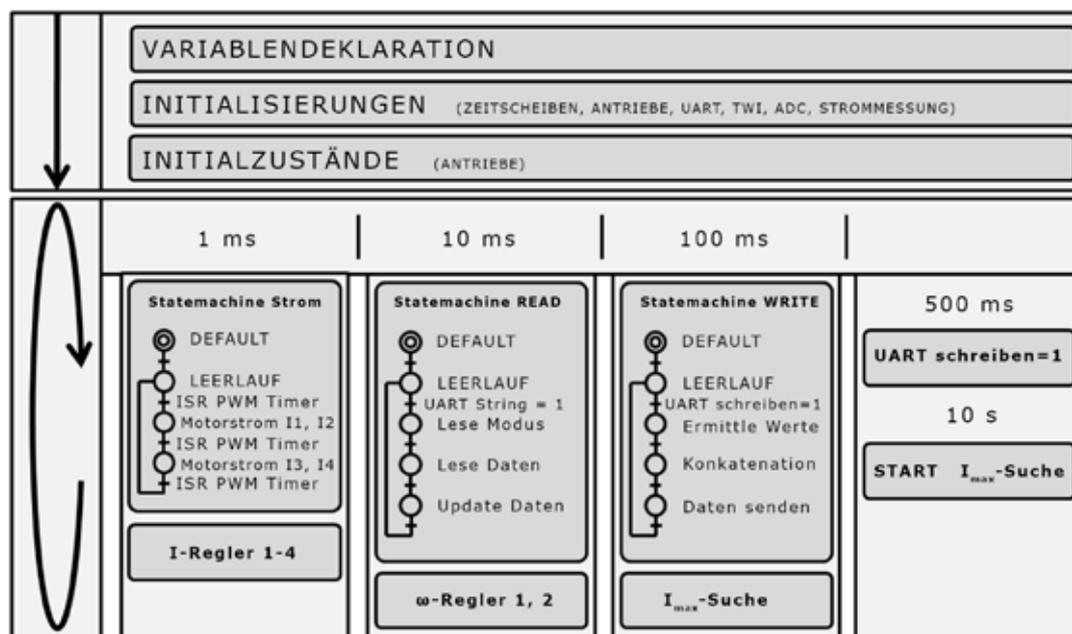


Abbildung 10: Controllerprogramm

Zur Regelung der permanenterrregten Gleichstromantriebe wurde eine Drehzahl- sowie eine Momentenregelung [13] entwickelt. Die Drehzahlregelung (Abbildung 11) nach

dem Stromleitverfahren gestaltet sich als Kaskadenregelung, wobei der innere Kreis den Strom und der äußere Kreis die eigentliche Drehzahl regelt.

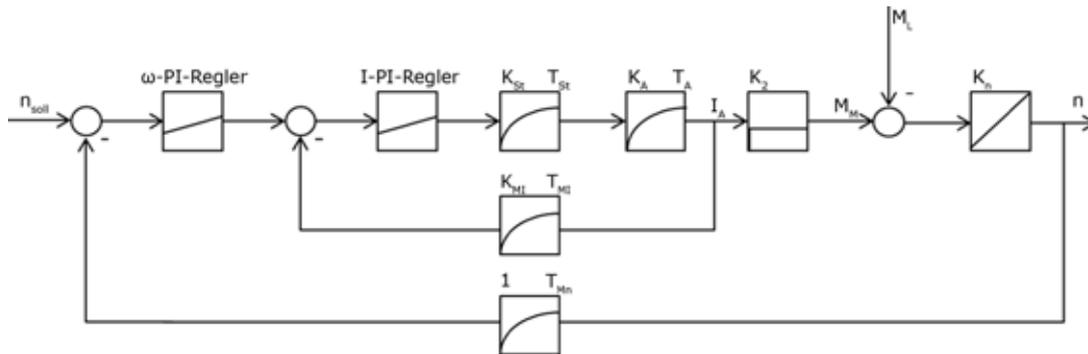


Abbildung 11: Drehzahlregelung

Die Parameter des Motorankers K_A und T_A können direkt aus dem Ankerwiderstand und der Induktivität bestimmt werden. Mit

$$K_n = \frac{1}{2\pi J} \quad (15)$$

$$K_A = \frac{1}{R_A} \quad (11)$$

und

$$T_A = \frac{L_A}{R_A} \quad (12)$$

Ergibt sich als Strom-PI-Regler für eine Optimierung nach dem Betragsoptimum

$$F_{RI}(s) = K_{PR} \cdot \frac{1 + T_R s}{s} = \frac{1}{2K_s T_{\Sigma 1}} \cdot \frac{1 + T_A s}{s} \quad (13)$$

Wobei die Verstärkungen K_{St} und K_{MI} mit K_A multiplikativ in K_s und die Zeitkonstanten von Steller und Stromsensor in $T_{\Sigma 1}$ additiv zusammengefasst sind.

Die Konstante K_2 kann als Motorkonstante aufgefasst werden. Sie ergibt sich entweder aus Messung von Drehzahl und Spannung oder aus Herstellerangaben. Sie beschreibt das Verhältnis

$$K_2 = c\phi_F = \frac{e}{\omega} = \frac{M_A}{I_A} \quad (14)$$

Mit konstanter Erregung, welche bei einem dauermagneterregten Kleinmotor gegeben ist, bleibt $c\phi_F$ konstant und das Verhältnis von induzierter Gegenspannung zu Winkelgeschwindigkeit bzw. Ankermoment zu Ankerstrom ist gegeben.

Die Verstärkung K_n beschreibt die Trägheit des Ankers. Als Integrator errechnet sich mit dem eingeleiteten Moment die erreichte Drehzahl.

Das Trägheitsmoment J kann mittels Auslaufversuch ermittelt werden.

Wird die Stromregelung als PT1-Glied mit der Zeitkonstante $2T_{\Sigma 1}$ und der Verstärkung 1 angenähert, kann der äußere Drehzahl-PI-Regler nach dem symmetrischen Optimum entworfen werden.

$$F_{Rn}(s) = K_{PR} \cdot \frac{1 + T_R s}{T_R s} \quad (16)$$

Mit der Reglerverstärkung

$$K_{PR} = \frac{1}{K_n \sqrt{T_R T_{\Sigma 2}}} \quad (17)$$

und der Zeitkonstante

$$T_R = 4T_{\Sigma 2} \quad (18)$$

ergeben sich mit $T_{\Sigma 2} = 2T_{\Sigma 1} + T_{Mn}$ die benötigten Werte.

Der Regelkreis der momentengeregelten Antriebsgleiskette wird analog zum inneren Regelkreis der drehzahlgeregelten Kette entworfen, wobei der drehmomentbildende Strom als Regelgröße dient (Abbildung 12). Über die als K_2 bezeichnete Motorkonstante ist ein festes Verhältnis zum erreichten Moment gegeben und kann daher äquivalent verwendet werden.

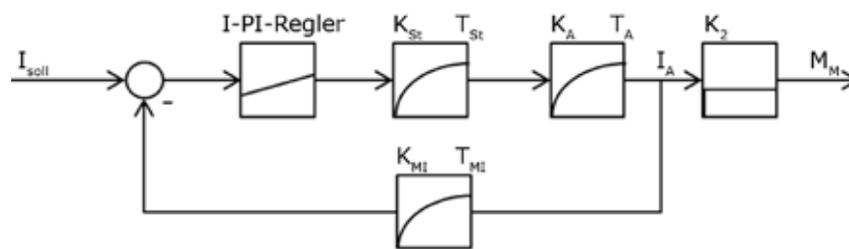


Abbildung 12: Momentregler

Um auf Oberflächen wechselnder Beschaffenheit ein optimales Ergebnis zu erzielen, muss der Sollwert der Momentenregelung nachgeführt werden. Dies kann per Algorithmus in regelmäßigen Abständen erfolgen (vgl. Algorithmus 1). Es wird vorausgesetzt, dass der Algorithmus parallel zum eigentlichen Programmablauf ausgeführt wird.

Für eine Abschätzung der erreichbaren Greifkraft wird der erreichte Motorstrom des klemmenden Kettenantriebs herangezogen. Weitere Eingangsgrößen sind die errechnete maximale Greifkraft und die Schrittweite, mit der die Greifsollkraft zu verändern ist. Mit jedem Aufruf wird der Sollwert der Klemmkraft schrittweise von null bis F_{max} erhöht. Der Wert der Laufvariable i wird beim jeweils höchsten gemessenen Stromwert gespeichert und nach dem gesamten Durchlauf als Sollwert bis zur nächsten Suche verwendet. Dieser Wert stellt daher die Ausgangsgröße dar.

Algorithmus 1: Maximalwertsuche

INPUT: F_{max} , $Step$, I_{Motor}

OUTPUT: F_{test}

$I_{max} = 0;$

```

1: for i = 0 to  $F_{max}$  step  $F_{max}/Step$  do
2:    $F_{test} = i;$ 
3:   if  $I_{max} < I_{Motor}$  then
4:      $I_{max} = i;$ 
5:   end if
6: end for
7:  $F_{test} = I_{max};$ 

```

Der aufgebaute Versuchsträger ist in Abbildung 13 dargestellt. Er basiert auf den Überlegungen in diesem Beitrag und beinhaltet das in Abbildung 8 gezeigte Antriebssystem.

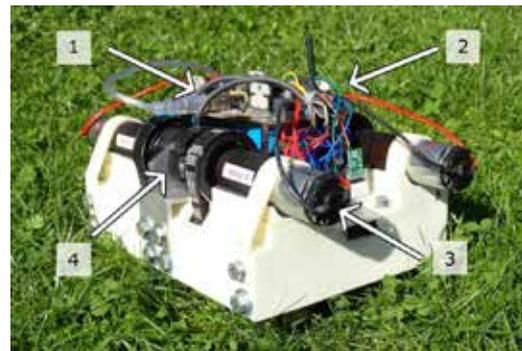


Abbildung 13: Griprob-Plattform

Die Pfeile markieren dabei folgende Komponenten:

1. Steuerplatine mit AVR-Controller, Motortreiber, Motorstromsensor, UART-USB-Schnittstelle, Spannungsversorgung (direkt mit der Steuerplatine verbunden sind Akkupack, Beschleunigungs- und Gierratensensor, Temperatursensor)
2. Leitrechner (durch Roboter verdeckt) mit ROS
3. Getriebemotor (treibt über Zahnriemen untenliegenden Kettenantrieb an)
4. Drehwinkelgeber (stirnseitig am Motorantrieb)
5. zweireihiger Kettenantrieb

Gesamt ergeben sich dazu folgende Leistungsdaten (Tabelle 1):

Parameter	Wert
Gewicht [kg]	4,4
Maße LxBxH [mm]	191 x 280 x 135
Geschwindigkeit [km/h]	0,6
Akkulaufzeit [h]	> 2
Reichweite [errechnet, in km]	> 1,2
Antriebsmoment [variabel übersetzt, in Nm]	80

Tabelle 1: Eigenschaften

5. Ergebnisse

Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung können noch keine umfassenden Ergebnisse dargestellt werden, weil dazu eine entsprechende Prüfeinrichtung entworfen werden muss. Ein Versuchsstand auf Grundlage des Reibversuchs (vgl. Abbildung 1) soll entsprechende Resultate liefern. Es ist vorgesehen, durch Veränderung der Neigung eines ebenen Testfeldes eine erhöhte Traktion durch den Greifmechanismus nachzuweisen. Dabei sollen Oberflächen, Kettengeometrie und Greifkräfte variiert und durch die maximale Steigfähigkeit eine Aussage über die Leistungsfähigkeit in Abhängigkeit der genannten Größen getroffen werden.

6. Diskussion

Das vorgeschlagene System erlaubt es, die Traktion eines mobilen Roboters aktiv zu erhöhen. Die entwickelten Regelungen der Antriebe bieten die Möglichkeit, sowohl Drehzahl als auch Greifkraft vorzugeben und somit zu den herkömmlichen Steuermöglichkeiten des Robotersystems die weitere Variable Greifkraft einzuführen. Damit kann auf die gezielte Erhöhung der Traktion beziehungsweise auf die Optimierung der Schnittstelle Roboter und Umgebung eingewirkt werden. Im Vergleich zu den Arbeiten, welche sich auf die optimale Identifikation und Beschreibung des Antriebselement-Umgebungskontakt beschränken und darüber Antriebsregelung und Odometrie verbessern, kann mit dem vorgeschlagenen System gezielt Einfluss auf diese Schnittstelle genommen werden. Der Nachteil der Roboter mit unterdruckbasierter Normalkrafterhöhung, die für schweres Gelände ungünstig sind, ist hier durch einen schmutzunempfindlichen Aufbau

vermieden. Artverwandte Aufbauten mit verschiedenen Kettenkonfigurationen lassen sich prinzipiell mit dem hier vorgeschlagenen System kombinieren und erweitern. Es ist zu erwarten, dass eine solche Kombination eine weitere Verbesserung des Konzepts bietet, da sich die Greifwirkung optimal entfalten kann, wenn die Ketten parallel auf dem Untergrund aufliegen.

Nachteilig bei diesem System ist die begrenzte Wirksamkeit auf trockenen, sandigen Böden, da diese im Vergleich zu bewachsenen oder mit Wurzeln durchsetzten Oberflächen nur geringe Scherkräfte aufnehmen können und zur Verschiebung neigen. Daher ist die Wirksamkeit des Mechanismus in diesen Bereichen beschränkt. Es ist jedoch möglich, die Greifkette als reguläre Antriebskette zu schalten, so dass sich gegenüber herkömmlichen Antrieben kein Nachteil ergibt.

Wie in Gleichung 3.4 beschrieben, wird nicht die komplett zur Verfügung stehende Leistung in Vortrieb umgesetzt, da ein Teil für die Greifkräfte aufgewendet werden muss. Insofern ist dieser Punkt aus Sicht der Reichweite des Fahrzeugs interessant. Ohne Greifsystem sind durchaus höhere Reichweiten erreichbar, allerdings entspricht die in diesem Fall erreichbare Traktion den herkömmlichen Konzepten. Hierbei können die Ketten synchron betrieben werden, so dass der Greifprozess deaktiviert ist. Daher scheint diese Möglichkeit ein Anknüpfungspunkt für weitere Arbeiten, der die Traktion auch aus energetischer Sicht optimieren würde.

Des Weiteren ist die Erarbeitung einer Testumgebung und der Bestimmung von Testparametern erforderlich, um die entworfenen Regelungen zu optimieren und deren Leistungsfähigkeit zu beschreiben.

Erklärung zu möglichen Interessenkonflikten

Die Autoren erklären, dass in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit keinerlei Interessenkonflikt besteht.

7. Literatur

- [1] Xie, S.; Bao, S.; Zou, B.; Pu, H.; Luo, J.; Gu, J. (2013): The research on obstacle-surmounting capability of six-track robot with four swing arms. In: Proceedings of the 2013 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO), S. 2441–2445.

- [2] Choi, Y.; Jeong, K.; Kang, J.; Seo, Y.; Lee, S.-U. (2007): A remotely operated mobile robot with modular track mechanisms. In: Proceedings of the 2007 IEEE International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAAS '07), S. 1002–1005.
- [3] Zong, C.; Jiang, S.; Guo, W.; Li, L.; Gao, X. (2014): Obstacle-surmounting capability analysis of a joint double-tracked robot. In: Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA), S. 723–728.
- [4] Dooyeol, K.; Hyunghak, H.; Soohyun, K. (2009): Design of multi-joint tracked robot for adaptive uneven terrain driving. In: Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Robots and Agents, Feb 10-12, 2009, Wellington, New Zealand, S. 464–469.
- [5] Li, Z.; Ma, S.; Li, B.; Wang, M.; Wang, Y. (2009): Parameter design and optimization for mobile mechanism of a transformable wheel-track robot. In: Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Automation and Logistics. ICAL '09 ; 5 - 7 Aug. 2009, Shenyang, China. Piscataway, NJ: IEEE, S. 158–163.
- [6] Ojeda, L.; Cruz, D.; Reina, G.; Borenstein, J. (2006): Current-Based Slippage Detection and Odometry Correction for Mobile Robots and Planetary Rovers. In: IEEE Transactions on Robotics 22 (2), S. 366–378.
- [7] Brooks, C. A.; Iagnemma, K. (2012): Self-supervised terrain classification for planetary surface exploration rovers. In: Journal of Field Robotics 29 (3), S. 445–468. DOI: 10.1002/rob.21408.
- [8] Al-Milli, S.; Seneviratne, L. D.; Althoefer, K. (2010): Track-terrain modelling and traversability prediction for tracked vehicles on soft terrain. In: Journal of Terramechanics 47 (3), S. 151–160.
- [9] Dos Santos, A.J.V.; Silva, A.F.C.; da Rocha Souto, C.; da Silva, S. A.; Lima, A.M.M. de: Detecting soil parameters from a small tracked vehicle. In: Proceedings of the 2015 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), S. 1446–1451.
- [10] Parness, A. (2011): Anchoring foot mechanisms for sampling and mobility in microgravity. In: Proceedings of the 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 9-13, 2011, Shanghai, China, S. 6596–6599.
- [11] Bekker, M. G. (1956): Theory of Land Locomotion. The mechanics of vehicle mobility: University of Michigan Press.
- [12] Gross, D.; Hauger, W.; Schröder, J.; Wall, W. A. (2007): Technische Mechanik (Gross, D.). Band 2: Elastostatik. 9., vollst. neu bearb. Aufl. Berlin: Springer Vieweg (Springer-Lehrbuch).
- [13] Schulz, G. (2010): Regelungstechnik 1. Lineare und Nichtlineare Regelung. Rechnergestützter Reglerentwurf. 4., überarbeitete Auflage. München: Oldenbourg.



Dipl.-Ing. (FH) Ludwig Barthuber, M.Eng.

Ludwig Barthuber schloss eine Berufsausbildung zum Prozessleitelektroniker ab, bevor er ein Diplom-Studium des Maschinenbaus an der Hochschule in Deggendorf absolvierte. Nach vielfältigen Projektstätigkeiten als Laboringenieur in verschiedenen Einrichtungen der Hochschule begann er sein Master-Studium in Mechatronik (M.Eng.) und schloss dieses im Frühjahr 2012 ab. Barthuber ist Doktorand der Universität Würzburg im Bereich Robotik.

Ludwig Barthuber completed a professional training as a process control electrician before he graduated with a diploma degree in mechanical engineering at Deggendorf Institute of Technology. After various project activities as laboratory engineer at several departments of DIT, he began his Master studies in mechatronics (M.Eng.), which he completed successfully in spring 2012. Barthuber currently is a doctoral student at Würzburg University, where he prepares his dissertation in the field of robotics.

Kontakt / Contact

✉ ludwig.barthuber@th-deg.de



Prof. Dr.-Ing. Peter Firsching

Prof. Dr.-Ing. Peter Firsching ist seit 2001 Professor für Elektrische Maschinen und Antriebe an der Technischen Hochschule Deggendorf. Dort vertritt er weiterhin die Lehrgebiete Steuerungs- und Automatisierungstechnik, Robotik sowie Modellbildung und Simulation. Als Leiter des Technologie Campus für Mechatronische Systeme in Cham koordiniert er F&E-Aktivitäten im Bereich der mechatronischen Prozessoptimierung. Sein F&E-Schwerpunkt ist der flexible Einsatz von Robotersystemen in der Produktion.

Prof. Dr.-Ing. Peter Firsching is a professor for electric machines and drives at the Deggendorf Institute of Technology. Furthermore he is responsible for the fields of teaching control and automation engineering, robotics and Modelling and Simulation. As head of the Technology Campus of Mechatronic Systems in Cham he coordinates R & D activities in the field of mechatronic process optimization. His R&D focus is the field "Flexible use of robot systems in production".

Kontakt / Contact

✉ peter.firsching@th-deg.de

Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen durch High-Q-Matching

Efficiency Improvement of Energy Harvesting Circuits by High Q Matching



Christian Merz
Technische Hochschule Deggendorf

Gerald Kupris
Technische Hochschule Deggendorf

ABSTRACT

Unter RF Energy Harvesting versteht man die Gewinnung geringer Energie aus einem elektromagnetischen Feld. Diese Energie kann benutzt werden, um ein kleines Mikrosystem, wie z. B. ein draht- und batterieloses Sensorsystem, zu versorgen. An der Technischen Hochschule Deggendorf ist ein derartiges RF Energy Harvesting System entwickelt und getestet worden. Diese Publikation beschreibt die einzelnen Schaltblöcke des RF Energy Harvesting Systems und zeigt eine explizite Möglichkeit auf, das System zu verbessern. Die Methode beruht auf der Verwendung von Anpassungsnetzwerken mit besonders hoher Güte (High-Q-Matching), welche die Gesamteffizienz von RF Energy Harvesting Systemen erhöhen. Anstatt herkömmliche Induktivitäten und Kapazitäten als Anpassungselemente zu verwenden, werden Elemente mit hoher Güte, wie z. B. Akustische-Oberflächenwellen-Resonatoren, benutzt. Verschiedene High-Q- und Low-Q-Anpassungsnetzwerke werden in dieser Arbeit simuliert und ihre Vor- und Nachteile diskutiert.

RF energy harvesting is the extraction of small amounts of energy from an electromagnetic field. This energy can be used to power a tiny microsystem like a wireless and battery-less sensor. At Deggendorf Institute of Technology we have constructed and tested a RF energy harvesting circuit. This paper describes the building blocks of an RF energy harvesting system and explicitly discusses a possibility of improving the system. The method deals with high Q matching circuits that increase the overall efficiency of RF energy harvesting circuits. Instead of common inductive and capacitive matching elements, high Q elements such like surface acoustic wave resonators are used. Different high Q and low Q matching circuits are simulated in the paper and their advantages and disadvantages are discussed.

KEYWORDS

High-Q-Matching, SAW-Resonator, Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen, RF Energy Harvesting

1. Einleitung und theoretische Grundlagen

1.1 RF Energy Harvesting

Unter Energy Harvesting versteht man die Gewinnung kleiner Mengen von elektrischer Energie aus Quellen wie z. B. Temperaturgradienten, Vibrationen, Luftströmungen, Sonnenenergie, Druckunterschieden oder elektromagnetischen Wellen [1]. Mit der gewonnenen Energie ist es möglich, mobile Geräte mit geringer Leistung zu versorgen. Die Energiegewinnung aus elektromagnetischer Strahlung wird als RF Energy Harvesting bezeichnet. An der Technischen Hochschule Deggendorf läuft derzeit ein Projekt, in dem ein draht- und batterieloses Sensorsystem entwickelt wurde, welches seine Versorgungsenergie aus elektromagnetischen Wellen bezieht. Das Sensorsystem arbeitet bei einer Frequenz von 868 MHz, da dieses Frequenzband von der Bundesnetzagentur freigegeben ist. In einer früheren Publikation [2] der Autoren ist ein RF Energy Harvesting System vorgestellt worden, welches bei einer minimalen Eingangsleistung von -6 dBm am Ausgang eine Energie von ca. 50 μ J erzeugen kann, welche ausreicht, um das entwickelte Sensorsystem zu versorgen. Das folgende Blockschaltbild zeigt beispielhaft eine vereinfachte Darstellung der Bestandteile eines RF Energy Harvesting Systems.

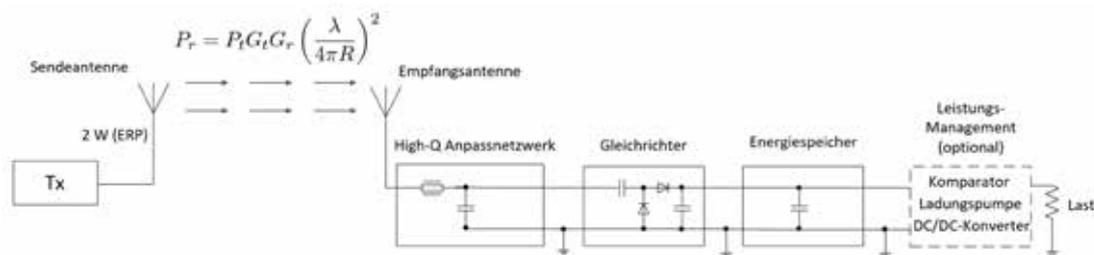


Abb. 1: Beispiel eines RF Energy Harvesting Systems

Das Funktionsprinzip des RF Energy Harvesting Systems wird im Folgenden kurz erklärt. Ein Signalgenerator sendet eine elektromagnetische Welle im 868 MHz Band mit einer Leistung von 2 W (ERP) über eine Sendeantenne ab. Diese Welle wird beim Harvester über eine Empfangsantenne empfangen und durch ein Gleichrichternetzwerk (z. B. kaskadierte Greinacher-Schaltung) gleichgerichtet. Das Anpassungsnetzwerk sorgt dafür, dass am Eingang des Harvesters die Signalreflexionen

minimiert werden und die übertragene Leistung maximiert wird. Die gleichgerichtete Energie wird anschließend in einem Ladekondensator zwischengespeichert und über ein Energiemanagement (z. B. bestehend aus einem Komparator und einem DC/DC-Konverter) aufbereitet. Das aufbereitete Signal (z. B. pulsierende Gleichspannung) wird verwendet, um eine Last (z. B. ein Sensorsystem) zu versorgen.

Die detaillierte Funktionsweise des in Abbildung 1 dargestellten RF Energy Harvesting Systems wird in [2] detailliert beschrieben.

Der Hauptunterschied zwischen dem dort beschriebenen System und dem neuen System in Abbildung 1 besteht darin, dass die Güte des Anpassungsnetzwerks erhöht worden ist. Im Folgenden wird beschrieben, wie diese Erhöhung realisiert werden kann.

1.2 Impedanzanpassung mit diskreten Blindelementen in L-Topologie

Bei einem RF Energy Harvesting System ist ein Anpassungsnetzwerk notwendig, um die an der Empfangsantenne eingespeiste Leistung optimal an die restliche Schaltung übertragen zu können und um Signalreflexionen am Eingang des Harvesters zu minimieren. Das Ziel bei einer Anpassung besteht darin, die Gesamtimpedanz der RF Energy Harvesting Schaltung an die Impedanz der Empfangsantenne, welche in

der Regel 50 Ω ist, anzupassen, wodurch die Leistungsübertragung maximiert wird und keine Signalreflexion am Eingang stattfindet.

Die Impedanzanpassung kann z. B. durch Stichleitungen oder durch Parallel- bzw. Serienschaltungen von zueinander konjugiert komplexen Blindelementen (z. B. Induktivität und Kapazität) erfolgen. Im Folgenden wird auf die Anpassung mit diskreten Blindelementen eingegangen.

In der Praxis werden hauptsächlich drei verschiedene Anpassungsstrukturen verwendet. Mit ihnen kann man jede beliebige Schaltungsimpedanz an die Antennenimpedanz anpassen. Die Schaltungen heißen L-, T- oder Pi-Struktur. Der Name wird vom Aussehen der Bauteilanordnung abgeleitet. [3]

Beispiele der drei Strukturen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

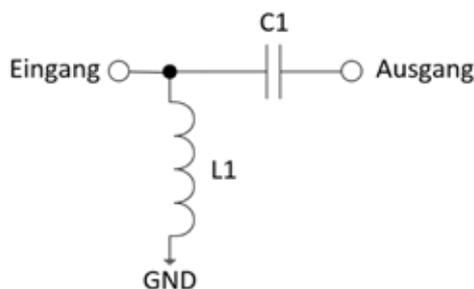


Abb. 2: Beispiel für eine L-Anpassungsstruktur

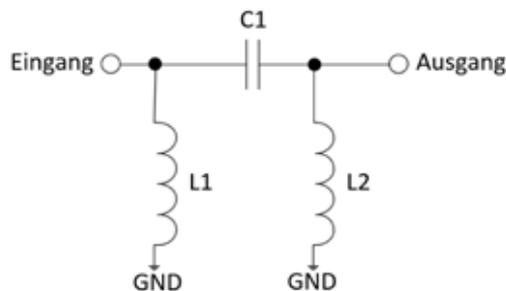


Abb. 3: Beispiel für eine Pi-Anpassungsstruktur

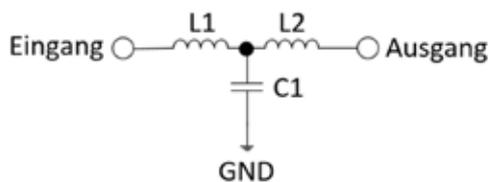


Abb. 4: Beispiel für eine T-Anpassungsstruktur

Die Anordnung der Blindelemente wird von der jeweiligen Anwendung bestimmt. Verfügt die Versorgungsspannung beispielsweise über einen unerwünschten Gleichanteil, sollte ein Kondensator in Reihe verwendet werden, der die Gleichspannung blockiert.

Ein sehr wichtiger Faktor der Anpassung stellt der Gütefaktor (engl. Q factor) dar. Dieser ist in der Elektrotechnik ein Maß für die Dämpfung

eines schwingungsfähigen Systems. Man unterscheidet zwischen der belasteten Güte (engl. loaded Q or circuit Q) und der unbelasteten Güte (engl. unloaded Q or component Q). Die belastete Güte ist die Güte des gesamten belasteten Netzwerks und die unbelastete Güte ist die Güte eines Blindelements (Induktivität bzw. Kapazität) oder eines Zweigs in einem Schwingkreis.

Die L-Anpassungsstruktur ist die einfachste Anpassungsschaltung, da sie nur zwei zueinander konjugiert komplexe Bauelemente (z. B. ideale Spule und ideale Kapazität) benötigt.

Im Folgenden soll ein Beispiel für eine Anpassung mit diskreten Blindelementen mit einer L-Anpassungsstruktur aufgezeigt werden.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein L-Anpassungsnetzwerk für den Fall, dass der Parallelwiderstand R_p größer ist als der Serienwiderstand R_s .

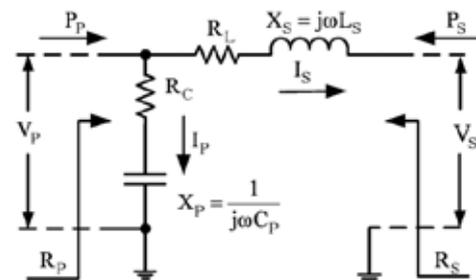


Abb. 5: Beispiel für ein L-Anpassungsnetzwerk ($R_s < R_p$) [4]

Die eingezeichneten Größen haben die folgende Bedeutung:

- R_c : Serienwiderstand der Kapazität C_p
- R_L : Serienwiderstand der Induktivität L_s
- X_p : Blindwiderstand der Kapazität C_p
- X_s : Blindwiderstand der Induktivität L_s
- V_p : Spannung am Parallelzweig
- V_s : Spannung am Serienzweig
- R_p : Parallelwiderstand
- R_s : Serienwiderstand
- P_p : Leistung am Parallelzweig
- P_s : Leistung am Serienzweig
- I_p : Strom durch den Parallelzweig
- I_s : Strom durch den Serienzweig

Für das Verhältnis zwischen Parallel- und Serienwiderstand soll gelten:

$$\frac{R_p}{R_s} = \frac{V_p^2}{V_s^2} \quad (1)$$

Die unbelastete Güte des Serienzweigs ist definiert als:

$$Q_s = \frac{|X_s|}{R_s} \quad (2)$$

Für die unbelastete Güte des Parallelzweigs gilt:

$$Q_p = \frac{R_p}{|X_p|} \quad (3)$$

Die Spulengüte ist:

$$Q_L = \frac{\omega L_s}{R_L} = \frac{|X_s|}{R_L} \quad (4)$$

Die Komponentengüte der Kapazität ist:

$$Q_C = \frac{1}{\omega C_p R_C} = \frac{|X_p|}{R_C} \quad (5)$$

Für die belastete Güte des Netzwerks ergibt sich:

$$Q = \frac{Q_s \cdot Q_p}{Q_s + Q_p} \quad (6)$$

Nach Gleichung 6 dominiert bei einem L-Anpassungsnetzwerk der kleinste Gütefaktor im System. Für eine optimale Anpassung der Impedanzen sollten deshalb die unbelasteten Gütefaktoren Q_s und Q_p gleich sein. Falls dies der Fall ist, gilt nach [5]:

$$Q_s = Q_p = \sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1} \quad (7)$$

Für die Leistungen am Serien- bzw. Parallelzweig gelten die Gleichungen:

$$|P_s| = \frac{1}{2} \cdot I_s^2 \cdot R_s \quad (8)$$

$$|P_p| = \frac{V_p^2}{2R_p} \quad (9)$$

Die gesamte Verlustleistung des

Anpassungsnetzwerks Ploss ergibt sich aus der Summe der beiden Verlustleistungen an der Spule (P_{lossL}) und der Kapazität (P_{lossC}).

Die Verlustleistungen P_{lossL} und P_{lossC} lassen sich wie folgt berechnen:

$$P_{\text{lossL}} = \frac{1}{2} \cdot R_L \cdot I_s^2 = \frac{|X_s|}{2Q_L} \cdot I_s^2 = \frac{Q_s}{Q_L} |P_s| \quad (10)$$

$$P_{\text{lossC}} = \frac{1}{2} \cdot R_C \cdot I_p^2 = \frac{|X_p|}{2Q_C} \cdot \frac{V_p^2}{|X_p|^2} = \frac{V_p^2}{2Q_C |X_p|} = \frac{Q_p}{Q_C} |P_p| \quad (11)$$

Die Leistung am Parallelzweig kann man folgendermaßen ausdrücken, wenn der rechte Anschluss des Anpassungsnetzwerks mit der Last, und der linke Anschluss mit der Signalquelle verbunden wird:

$$|P_p| = |P_s| + P_{\text{lossL}} + P_{\text{lossC}} \quad (12)$$

Aus den Gleichungen 10, 11 und 12 folgt somit für den Wirkungsgrad des Anpassungsnetzwerks die folgende Gleichung:

$$\eta = \frac{|P_s|}{|P_p|} = \frac{1 - \frac{Q_p}{Q_C}}{1 + \frac{Q_s}{Q_L}} \quad (13)$$

Wenn Q_s/Q_L und $Q_p/Q_C \ll 1$ gilt, wird der Wirkungsgrad sehr hoch. In der Praxis liegt die Güte einer Kapazität im besten Fall bei einigen Tausend. Die Spulengüte ist jedoch auf etwa 200 begrenzt.

Daher gilt in der Praxis oft $Q_L \ll Q_C$.

Damit lässt sich die Gleichung 13 folgendermaßen vereinfachen:

$$\eta = 1 - \frac{Q_s}{Q_L} = \frac{\sqrt{\frac{R_p}{R_s} - 1}}{Q_L} \quad (14)$$

Die Gleichung 14 zeigt, dass der Wirkungsgrad des Anpassungsnetzwerks maßgeblich von der Spulengüte Q_L abhängt. Um die Effizienz einer Anpassungsschaltung zu vergrößern, sollte die Spulengüte erhöht werden.

Idealerweise sollte die Komponentengüte im Bereich von einigen Tausend liegen. Induktivitäten mit derart hohen Komponentengüten sind in der Praxis als diskrete Bauelemente nicht umsetzbar. Im nächsten Abschnitt wird das Konzept erläutert, wie man eine Induktivität mit hoher Spulengüte ($Q_L > 1000$) realisieren kann.

1.3 Impedanzanpassung mit SAW- bzw. BAW-Resonatoren

Eine Forschungsgruppe der Universität Freiburg hat im Jahr 2009 ein Konzept vorgestellt, bei dem ein Schwingquarz bei einer Frequenz von 24 MHz als eine Induktivität mit einer Komponentengüte von 81700 realisiert worden ist [6].

Schwingquarze haben eine Resonanzfrequenz von bis zu 300 MHz und können über eine unbelastete Güte von über 80000 verfügen.

Für RF Energy Harvesting Schaltungen, die kommerziell eingesetzt werden sollen, sind vor allem die Frequenzbänder von 868 MHz und 2,4 GHz interessant, da diese von der Bundesnetzagentur freigegeben sind und die höchsten Sendeleistungen von 2 Watt (ERP) bzw. 4 Watt (EIRP) abgestrahlt werden dürfen und die Reichweite der Energieübertragung somit bei weitem höher ist. Bei niedrigeren ISM-Frequenzen, z. B. bei 169 MHz, sind jedoch nur 10 mW (ERP) Abstrahlleistung erlaubt. Da für das vorgestellte RF Energy Harvesting System eine Frequenz im 868 MHz Band verwendet werden soll, sind Schwingquarze für eine High-Q-Anpassung ungeeignet.

Für Resonanzfrequenzen zwischen 300 MHz und 1 GHz eignen sich SAW (Surface Acoustic Wave)-Resonatoren. Diese können eine unbelastete Güte von über 8000 haben.

Bei Resonanzfrequenzen von über 1 GHz eignen sich BAW (Bulk Acoustic Wave)-Resonatoren. Diese erreichen einen unbelasteten Gütefaktor von über 1000 und unterscheiden sich von SAW-Resonatoren dadurch, dass die Ausbreitung der akustischen Welle im Substrat (Bulk) anstatt an der Oberfläche erfolgt. Wenn man einen SAW- bzw. BAW-Resonator zwischen der Serienresonanzfrequenz und der Parallelresonanzfrequenz betreibt, hat dieser ein induktives Verhalten und kann somit als Induktivität hoher Güte betrachtet werden.

Das Ersatzschaltbild eines SAW- bzw. BAW-

Resonators ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

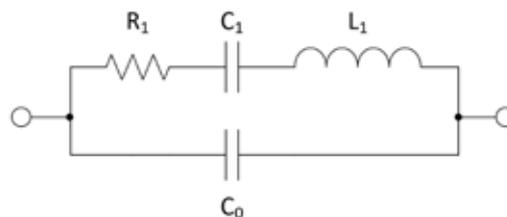


Abb. 6: Ersatzschaltbild eines SAW- bzw. BAW-Resonators

Die dynamische Kapazität C_1 , die dynamische Induktivität L_1 und der Resonanzwiderstand R_1 bilden einen verlustbehafteten Serienresonanzschwingkreis. Die statische Kapazität C_0 ist die an den Anschlüssen des Resonators unmittelbar messbare Kapazität, die zusammen mit L_1 und C_1 einen Parallelresonanzschwingkreis bildet. Die folgende Abbildung zeigt das Blindwiderstandsdiagramm eines SAW-Resonators.

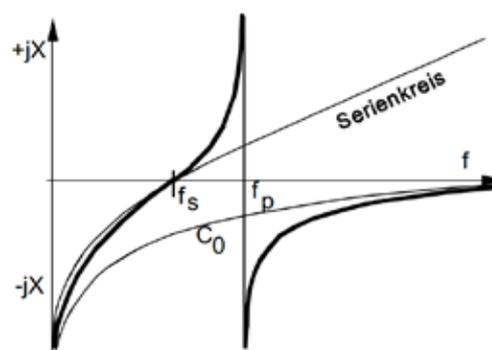


Abb. 7: Blindwiderstandsdiagramm eines SAW-Resonators [7]

Wie man aus dem Diagramm entnehmen kann, erscheint der Schwingkreis zwischen der Reihenresonanzfrequenz f_s und der Parallelresonanzfrequenz f_p rein induktiv. Die Reihenresonanzfrequenz kann man wie folgt berechnen:

$$f_s = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}} \quad (15)$$

Die Parallelresonanzfrequenz ist:

$$f_p = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 \frac{C_1 C_0}{C_1 + C_0}}} \quad (16)$$

Für die effektive Induktivität eines SAW-Resonators ergibt sich:

$$L_{\text{eff}} = \frac{2 \cdot (f - f_s)}{f_s} \cdot L_1 \quad (17)$$

1.4 Vorteile des High-Q-Matchings

Der Hauptvorteil des vorgestellten High-Q-Matchings ($Q_L > 1000$) besteht darin, dass die Gesamteffizienz des RF Harvesting Systems gegenüber einem Low-Q-Matching ($Q_L < 200$) erhöht wird. Ein weiterer Vorteil resultiert aus dem Sachverhalt, dass durch eine Erhöhung der belasteten Güte die Spannungsamplitude am Eingang der Gleichrichterschaltung vergrößert wird. Dadurch ist unter Umständen keine zusätzliche Spannungsvervielfachung, z. B. in Form einer Ladungspumpe oder einer Spannungskaskade, notwendig, was die Schaltungstopologie des RF Energy Harvesting Systems vereinfacht.

1.5 Nachteile des High-Q-Matchings

Durch die Impedanzanpassung mit einem SAW-Resonator erhöht sich der belastete Gütefaktor Q des Gesamtsystems. Je größer die belastete Güte ist, umso schmalbandiger ist die Anpassung, denn der belastete Gütefaktor Q kann aus der Frequenz f (auch Mittenfrequenz genannt) bezogen auf die Bandbreite B festgelegt werden als:

$$Q = \frac{f}{B} = \frac{f}{f_2 - f_1} \quad (18)$$

Die Bandbreite B ist hier der Frequenzbereich, an dessen Grenzen sich der Eingangsreflexionsfaktor am Eingang der Anpassungsschaltung um den linearen Faktor 0,707 gegenüber dem Extremwert geändert hat, im logarithmischen Maß entspricht dies ungefähr -3 dB. Die obere Grenzfrequenz wird als f_2 und die untere Grenzfrequenz als f_1 bezeichnet.

Ein weiteres Problem ist, dass die Serien- und Parallelresonanzfrequenz bei Resonatoren oft

eng beieinander liegen (einige hundert kHz). Dadurch ist der Wertebereich der Induktivität, die man mit dem Resonator realisieren kann, ebenfalls begrenzt.

2. Methoden

Verschiedene High-Q und Low-Q Anpassungsnetzwerke werden in nächsten Kapitel theoretisch analysiert und simuliert. Für die Simulationen werden die Programme Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) und Keysight ADS (Advanced Design System) verwendet. Die verschiedenen Anpassungsnetzwerke sollen bei 868 MHz (Frequenzband, welches für das vorgestellte RF Energy Harvesting System verwendet worden ist) miteinander bezüglich Gütefaktor, Effizienz und Breitbandigkeit verglichen werden.

3. Ergebnisse

Für die High-Q-Anpassung im 868 MHz Band wird ein SAW-Resonator (Epcos R958) mit folgenden Parametern verwendet:

Dynamische Kapazität C_1	1,53 fF
Dynamische Induktivität L_1	22 μ H
Resonanzwiderstand R_1	16 Ω
Statische Kapazität C_0	2 pF
Serienresonanzfrequenz f_s	867,487 MHz
Parallelresonanzfrequenz f_p	867,819 MHz
Unbelasteter Gütefaktor Q_u	7500
Effektive Induktivität L_{eff}	16,84 nH

Die Streuparameter des SAW-Resonators werden mithilfe von Qucs simuliert. Streuparameter (abgekürzt S-Parameter) dienen zur Charakterisierung des Verhaltens elektrischer Komponenten und Netzwerken im Klein- und Großsignalverhalten mittels Wellengrößen.

Das Ersatzschaltbild des verwendeten SAW-Resonators inklusive Ein- und Ausgangsanschluss ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

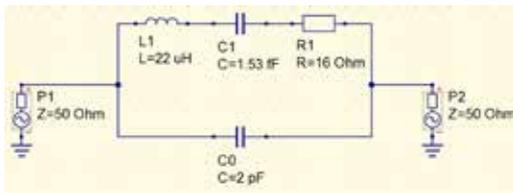


Abb. 8: Ersatzschaltbild des verwendeten SAW-Resonators

Die Abhängigkeit des Eingangsreflexionsfaktors und des Vorwärtstransmissionsfaktors von der Eingangsfrequenz (siehe Abbildung 9) zeigt, dass die Fehlanpassung bei der Serienresonanzfrequenz am geringsten ist und bei der Parallelresonanz am höchsten. Die Eingangsfrequenz wird zwischen den beiden Werten gewählt, z. B. bei 867,6 MHz. Aufgrund der Bidirektionalität des SAW-Resonators entspricht der Frequenzverlauf des S_{11} -Parameters dem des S_{22} -Parameters und

der S_{21} -Parameter dem des S_{12} -Parameters. Die S_{12} - und S_{21} -Parameter sind deshalb nicht in der Abbildung 9 dargestellt. Die Simulation des Blindwiderstands des SAW-Resonators wird in Abbildung 10 gezeigt.

Wie zu erwarten ist, ist bei der Serienresonanzfrequenz, die etwa bei 867,5 MHz liegt, der Blindwiderstand null. Der Blindwiderstand ist bei der Parallelresonanzfrequenz am höchsten. Zwischen der Serien- und Parallelresonanzfrequenz ist der Blindwiderstand positiv. Deswegen erscheint der SAW-Resonator in diesem Bereich nach außen hin rein induktiv. Bei Frequenzen, die über der Parallelresonanzfrequenz liegen, hat der Resonator ein kapazitives Verhalten. Der induktive Bereich (867,5 MHz – 867,7 MHz) liegt teilweise innerhalb des Frequenzbandes, in dem man laut der Bundesnetzagentur eine

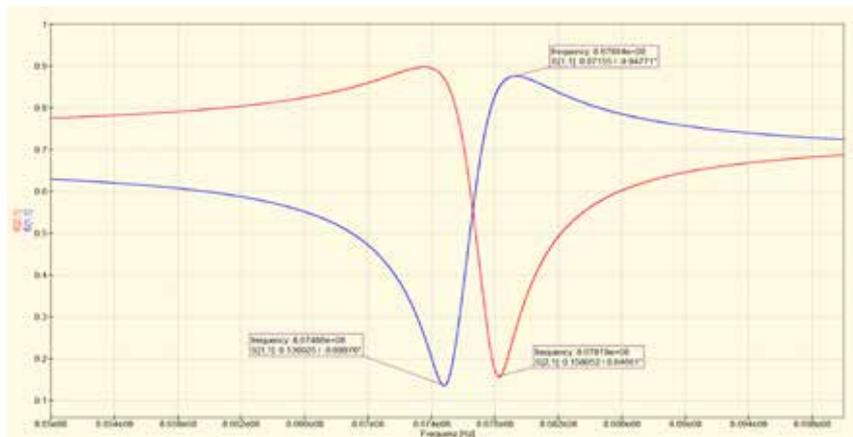


Abb. 9: Eingangsreflexionsfaktor und Vorwärtstransmissionsfaktor des SAW-Resonators in Abhängigkeit von der Eingangsfrequenz

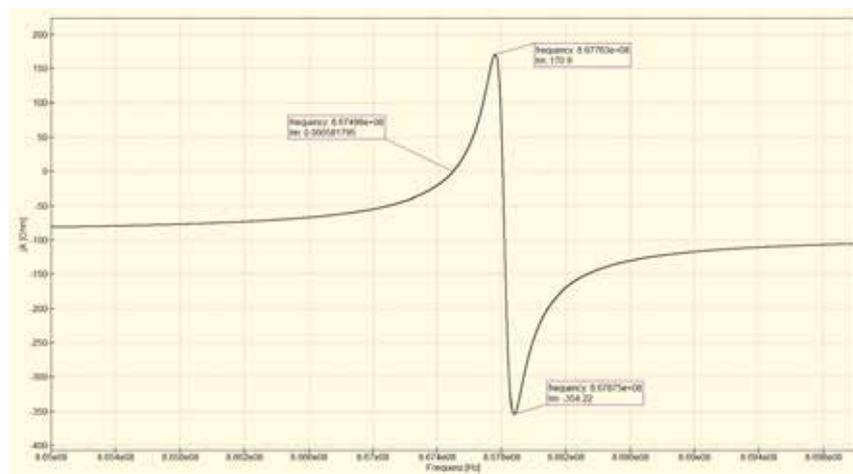


Abb. 10: Blindwiderstand des SAW-Resonators in Abhängigkeit von der Eingangsfrequenz

Leistung von 2 Watt (ERP) abstrahlen darf (865,6 MHz – 867,6 MHz). Aus diesem Grund eignet sich der Resonator für RF Energy Harvesting Anwendungen.

Im Folgenden werden zwei Gleichrichterschaltungen mit High-Q und Low-Q Anpassung miteinander verglichen. Die Gleichrichterschaltung ist eine 7-fach kaskadierte Greinacher-Schaltung mit einem Speicherkondensator und einem Lastwiderstand. Auf ein Power-Management wird der

Einfachheit halber verzichtet. Die Einflüsse von Substrat und Leitungen werden bei den nachfolgenden Simulationen vernachlässigt.

Der Schaltplan des niedriggütigen Harvesters (siehe Abbildung 11) zeigt das Ersatzschaltbild für die Empfangsantenne, welches aus einem Signalgenerator mit Innenwiderstand besteht, die kaskadierte Greinacher-Schaltung, den Speicherkondensator und den Lastwiderstand. Das Anpassungsnetzwerk besteht aus einer Induktivität und einer Kapazität in L-Topologie.

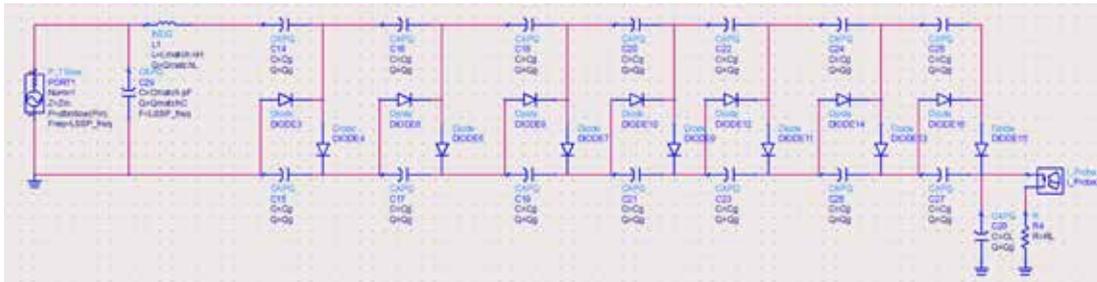


Abb. 11: Schaltplan der Harvester-Testschaltung (Low-Q)

Bei der Simulation werden die folgenden Parameter verwendet:

Innenwiderstand der Empfangsantenne Z_i	50 Ω
Kapazität des Anpassungsnetzwerks C_{match}	2,4 pF
Induktivität des Anpassungsnetzwerks L_{match}	11 nH
Kapazitäten der Greinacher-Schaltung C_g	2,2 nF
Speicherkondensator C_L	1 μ F
Lastwiderstand R_L	1 k Ω
Gütefaktor von C_{match}	50
Gütefaktor von L_{match}	50
Eingangsleistung P_{in}	-8,2 dBm
Arbeitsfrequenz	867,6 MHz

Bei der verwendeten Diode handelt es sich um die Schottky-Diode HSMS-285x von Avago Technologies.

Aus dem Verlauf des Eingangsreflexionsfaktors in Abhängigkeit von der Frequenz (siehe Abbildung 12) ergibt sich ein unbelasteter Gütefaktor von 0,64. Bei der Arbeitsfrequenz hat der Eingangsreflexionsfaktor den Wert 0,7 %. Aus der Gleichung 18 errechnet sich eine Bandbreite von 1,36 GHz.

Der Eingangsreflexionsfaktor in Abhängigkeit von der Eingangsleistung (siehe Abbildung 13) zeigt, dass der Fehlanpassungsgrad unter der angepassten Leistung (-8,2 dBm) sehr hoch ist

(etwa 70 %). Das bedeutet, dass bei geringen Eingangsleistungen (kleiner als 30 dBm) 70 % dieser Leistung reflektiert wird.

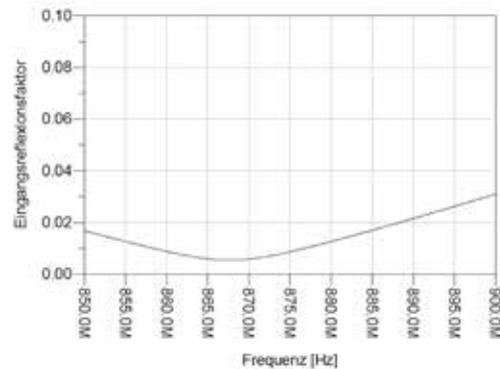


Abb. 12: Eingangsreflexionsfaktor in Abhängigkeit von der Frequenz (Low-Q)

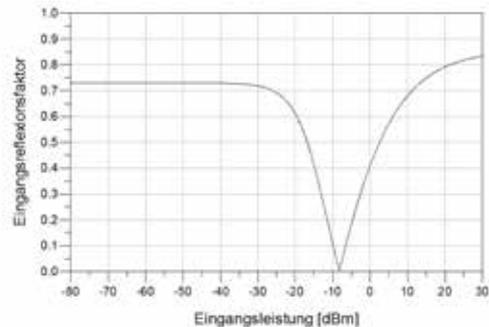


Abb. 13: Eingangsreflexionsfaktor in Abhängigkeit von der Eingangsleistung (Low-Q)

Der Schaltplan der hochgütigen Testschaltung ist in der nachfolgenden Abbildung dargestellt.

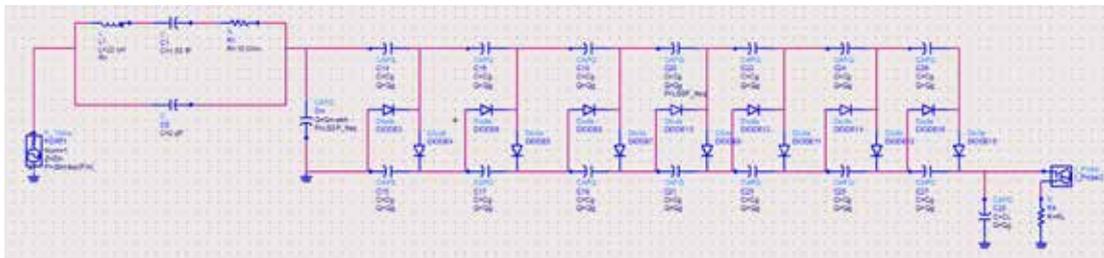


Abb. 14: Schaltplan der Harvester-Testschaltung (High-Q)

Die Testschaltung unterscheidet sich von der in Abbildung 11 dadurch, dass anstatt der Induktivität ein SAW-Resonator verwendet worden ist und dass die Komponentengüte der Kapazität im Anpassungsnetzwerk 5000 beträgt. Alle restlichen Parameter bleiben aus Gründen der Vergleichbarkeit identisch. Aus dem Verlauf des Eingangsreflexionsfaktors in Abhängigkeit von der Frequenz (siehe Abbildung 15) ergibt sich ein belasteter Gütefaktor von 2892 und bei der Arbeitsfrequenz von 867,6 MHz für S_{11} ein Wert von 0,7 %. Die Simulation des Eingangsreflexionsfaktors in Abhängigkeit von der Eingangsleistung (siehe Abbildung 16) zeigt, dass die Fehlanpassung bei geringeren Eingangsleistungen (kleiner als -20 dBm) kleiner ist (ca. 12 %) als bei der niedergütigen Testschaltung.

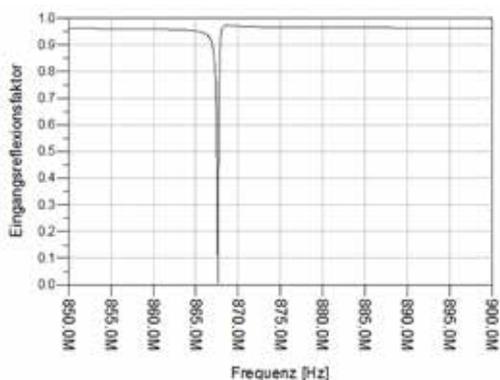


Abb. 15: Eingangsreflexionsfaktor in Abhängigkeit von der Frequenz (High-Q)

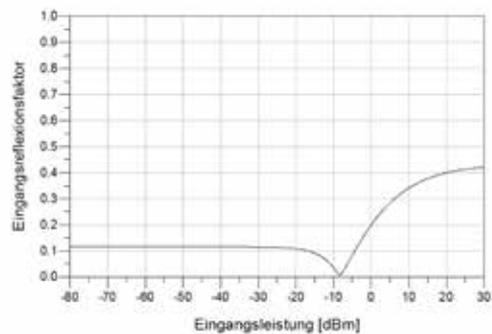


Abb. 16: Eingangsreflexionsfaktor in Abhängigkeit von der Eingangsleistung (High-Q)

Die Effizienz eines Anpassungsnetzwerks hängt neben der Spannungstransformation V_p/V_s von der Spulengüte ab. Durch eine Kaskadierung der L-Anpassungsnetzwerke erhöht sich bei einer zunehmenden Spannungstransformation die Effizienz des Anpassungsnetzwerks. Abbildung 17 zeigt beispielhaft die Effizienz eines L-Anpassungsnetzwerks in Abhängigkeit von der Spulengüte Q_L und verschiedenen Kaskadierungsstufen bei einer Spannungstransformation von 4.

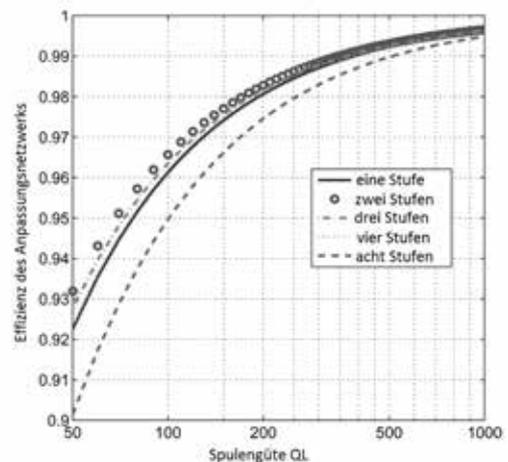


Abb. 17: Effizienz in Abhängigkeit von der Spulengüte [4]

4. Diskussion und Ausblick

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass durch die Verwendung eines SAW-Resonators als induktives Element hoher Güte in einer L-Anpassungsschaltung die Effizienz der Anpassung erhöht werden kann. Aufgrund der Simulationsergebnisse, welche in den Abbildungen 13 und 16 dargestellt sind, zeigt sich, dass bei hochgütigen Anpassungssystemen der Eingangsreflexionsfaktor bei sich veränderter Eingangsleistung nicht so stark erhöht wird wie bei Systemen niedriger Güte, wodurch weniger Leistung am Eingang reflektiert wird. Für Energy Harvesting Anwendungen sollte deswegen eine möglichst hohe Systemgüte angestrebt werden.

Der Grund dafür ist, dass die Eingangsleistungen bei derartigen Anwendungen stark variieren können, wenn beispielsweise die Distanz zwischen Sender und Empfänger geändert wird oder unterschiedliche Dämpfungen im Übertragungsweg auftreten.

Um die Simulationsergebnisse messtechnisch verifizieren zu können, sollen die simulierten Testschaltungen zukünftig aufgebaut und analysiert werden.

5. Erklärung zu möglichen Interessenkonflikten

Die Autoren erklären, dass in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit keinerlei Interessenskonflikt besteht.

6. Literatur

- [1] K. Dembowski, Energy Harvesting für die Mikroelektronik, VDE Verlag, Berlin, 2011.
- [2] C. Merz, G. Kupris and M. Niedernhuber, Speisung von energieautarken Sensorsystemen durch elektromagnetische Felder, 1. Elektronik Power Management Congress, 2014.
- [3] Mindan, Bai; Hong, Liang, The Analysis of Impedance Matching Problem in RF Circuit Design, 2010 International Forum on Information, pp. 350–353.
- [4] Han, Y.; Perreault, D. J., Analysis and Design of High Efficiency Matching Networks, IEEE Transactions on Power Electronics, vol. 21, no. 5, September 2006, pp. 1484-1491.
- [5] C. Bowick, J. Blyler, C. Ajluni, RF Circuit Design, Newnes, 2nd edition, 2007.
- [6] T. Ugan, X. Le Polozec, W. Walker, L.M. Reindl, RF energy harvesting design using high Q resonators, 2009 Cavtat, Croatia Proc. of IMWS 2009, IEEE MTT-S International Microwave Workshop on Wireless Sensing, Local Positioning, and RFID, Seiten: 1 – 4.
- [7] B. Neubig und W. Briese, Das große Quarzkochbuch, Franzis Verlag GmbH, 2000.



Christian Merz, M.Sc.

Christian Merz hat an der Technischen Hochschule Deggendorf (THD) ein Bachelor- und Masterstudium im Studiengang Elektro- und Informationstechnik (Schwerpunkte Nachrichtentechnik und Elektronische und Nachrichtentechnische Systeme) absolviert. Derzeit ist er Doktorand an der THD in Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau. Seine Forschungsinteressen liegen in den Bereichen Drahtlose Energieübertragung, Hochfrequenztechnik und Energy Harvesting. Der Autor hat bisher 5 Publikationen zum Thema RF Energy Harvesting veröffentlicht und forscht derzeit an Methoden zur Effizienzsteigerung von Energy Harvesting Schaltungen.

Christian Merz has earned a bachelor and a master degree in electrical and information technology (focus on communication engineering and electronic and communication engineering systems) at Deggendorf Institute of Technology. At the moment he is writing his dissertation in cooperation with Ilmenau University. His research interests lie in the fields of wireless energy transmission, high-frequency technology and energy harvesting. Christian Merz has already published 5 articles on RF energy harvesting and is currently working on methods to improve the efficiency of energy harvesting circuits.

Kontakt / Contact

✉ christian.merz@th-deg.de



Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris

Prof. Dr.-Ing. Gerald Kupris ist seit 2009 Professor an der Technischen Hochschule Deggendorf und arbeitet auf dem Gebiet des Entwurfs eingebetteter Systeme. Seine berufliche Laufbahn begann er 1989 als Entwicklungsingenieur. 1994 schloss er seine Promotion im Bereich der Elektronik an der Technischen Universität Ilmenau ab und begann als Applikationsingenieur zu arbeiten. Zwischen 1998 und 2009 war er Senior Field Application Engineer bei Motorola und Freescale Semiconductor, dabei lag sein Schwerpunkt auf Projekten mit Mikrocontrollern und drahtloser Kommunikation.

Prof. Dr. Gerald Kupris has been a professor for Embedded Systems Design at Deggendorf Institute of Technology since 2009. He started his career in 1989 as a design engineer. In 1994, he received his Ph.D. in electronics from the Technical University of Ilmenau and started to work as an application engineer. Between 1998 and 2009 he has been a Senior Field Application Engineer at Motorola and Freescale Semiconductor, focusing on projects with microcontrollers and wireless connectivity.

Kontakt / Contact

✉ gerald.kupris@th-deg.de

Autorenrichtlinien / Instructions for authors

Das Bavarian Journal of Applied Sciences ist ein Journal mit optionalem Peer-Review, das der Veröffentlichung von wissenschaftlich relevanter Beiträge aus folgenden Themenkreisen gewidmet ist: Maschinenbau, Elektrotechnik, Informatik, Gesundheitswissenschaften, Wirtschaft und Management.

Die Autoren werden gebeten, ihr Manuskript entsprechend den nachfolgenden Richtlinien zu erstellen und einzusenden. Dauer und Ergebnis des Peer-Review-Prozesses hängen in entscheidendem Maße von der Sorgfalt ab, die die Autoren bei der Manuskripterstellung walten lassen. Die nachfolgende Anleitung sollte genau befolgt werden, bevor ein Manuskript eingereicht wird. Manuskripte können in Form eines Word-Dokuments (*.doc/*.docx) in englischer oder deutscher Sprache vorgelegt werden. Der Abstract hingegen muss in beiden Sprachen vorhanden sein. Im Manuskripttext sollte auf grammatikalische Korrektheit geachtet werden. Das Herausbergremium ersucht die Redakteure, Reviewer und Autoren um die Einhaltung der bekannten Ethikrichtlinien. Die eingereichten Manuskripte oder wesentliche Teile daraus dürfen nicht bereits an anderer Stelle veröffentlicht oder zur Veröffentlichung an ein anderes Journal oder einen anderen Verlag gesandt worden sein. Die Präsentation der Inhalte als Kurzfassung auf einem Kongress gilt dabei nicht als Vorveröffentlichung. Der Hauptautor ist dafür verantwortlich, sicherzustellen, dass die Gesamtheit aller Koautoren mit der Veröffentlichung des Artikels einverstanden ist. Auch von der zugehörigen Institution muss ein Einverständnis vorliegen. Mit der Einsendung des Manuskripts erklären sich die Autoren damit einverstanden, dass der Artikel zum Zwecke der besseren Lesbarkeit vom Herausbergerteam überarbeitet wird.

Die eingereichten Artikel werden je nach Entscheidung des Autors einem optionalen Begutachtungsverfahren (Peer Review)

The Bavarian Journal of Applied Sciences is an optionally peer-reviewed journal which publishes scientifically significant research. The Journal is devoted to the publication of research results in the following areas: mechanical engineering, electrical engineering, computer sciences, health sciences, economics and management.

It is essential that the authors write and prepare their manuscripts according to the instructions and specifications listed below. The length and effectiveness of the peer review process will largely depend upon the care used by authors in preparing their manuscripts. Therefore, contributors are strongly encouraged to read these instructions carefully before preparing a manuscript for submission, and to check the manuscript for conformance before submitting it for publication. Manuscripts might be submitted in English or German using Microsoft Word (.doc or *.docx). In any case, abstracts have to be provided both in English and German. Make sure that your manuscript is written in grammatically correct English/German. The Editorial Board expects the editors, reviewers and authors to respect the well-known standards of professional ethics. Papers must be submitted on the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal or another publisher. Publications in short-form, which have been presented along the lines of a conference do not count as prior publication. The submitting author is responsible for ensuring that the article's publication has been approved by all the other coauthors. It is also the authors' responsibility to ensure that the articles emanating from a particular institution are submitted with the approval of the responsible institution. It is a condition of submission of a paper that the authors permit editing of the paper for readability.*

unterzogen oder nicht. Die akademisch einwandfreie Bearbeitung der Fachthemen durch die Autoren wird in beiden Fällen vorausgesetzt.

1. Grundsätzliche Schreibregeln

- Bilden Sie einfache und aussagekräftige Sätze. Vermeiden Sie zu lange Sätze mit komplizierten Satzstrukturen;
- Seien Sie konzise und vermeiden Sie überflüssige Wörter;
- Sorgen Sie für vollständige Argumentationsketten; verwenden Sie allgemein verständliche Ausdrücke; definieren Sie alle ungebräuchlichen Symbole und Abkürzungen, wenn Sie sie das erste Mal erwähnen;
- Lateinische Wörter sollten kursiv geschrieben werden;
- Akronyme und Abkürzungen müssen erklärt werden, sobald sie zum ersten Mal im Text erscheinen
- Maßeinheiten müssen dem SI-System entsprechen.

2. Beitragstypen

- Forschungsartikel
- Forschungsartikel mit peer-review
- Nachdrucke bereits veröffentlichter, herausragender wissenschaftlicher Arbeiten. Diese sind als solche gekennzeichnet und die Daten der Erstveröffentlichung sind angegeben.

3. Bestandteile der Beiträge

1. Titel (und eventuell Kurztitel)
2. Abstract
3. Schlüsselwörter
4. Einleitung
5. Methoden
6. Ergebnisse
7. Diskussion/Schlussfolgerungen
8. Danksagungen
9. Erklärung zu möglichen Interessenkonflikten
10. Literatur
11. Tabellen (jeweils auf einer separaten Seite)
12. Abbildungen (jeweils auf einer separaten Seite)

3.1. Titelseite

Titel (und eventuell Kurztitel)

All manuscripts - be they subject to peer review or not - are expected to meet the standards of academic excellence.

1. General rules for writing:

- Use simple and declarative sentences, avoid long sentences, in which the meaning may be lost by complicated construction;
- Be concise, avoid idle words;
- Make your argumentation complete; use commonly understood terms; define all non-standard symbols and abbreviations when you introduce them;
- Latin words should be put in italics, as for example: *i.e.* or *e.g.*
- Explain all acronyms and abbreviations when they first appear in the text.
- Units of measurement should be presented simply and concisely using System International (SI) units.

2. Types of contributions

- Original papers
- Original papers with peer-review
- Reprints of already published outstanding papers (quoting the data of the first publication, copyright agreement required)

3. Manuscript elements:

1. Title (and short title)
2. Abstract
3. Keywords
4. Introduction
5. Methodology
6. Results
7. Discussion/Conclusions
8. Acknowledgments
9. Disclosure Policy
10. References
11. Tables (each on a separate page)
12. Figures (each on a separate page)

3.1. Title page

Titel (and short title)

The title should be relatively short but informative.

3.2. Abstract

Every article must be accompanied by an abstract. It should be a brief summary of the

Der Titel sollte kurz und präzise sein, jedoch alle wichtigen Informationen enthalten.

3.2. Abstract

Jeder eingereichte Artikel muss einen Abstract enthalten. Hierin sind die wichtigsten Aussagen des Hauptteils kurz zusammengefasst. Der Abstract sollte nicht nur informativ sein und das bearbeitete Feld umreißen, sondern auch auf die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen hinweisen. Er sollte eine Länge von 250 Wörtern nicht überschreiten. Der Abstract darf weder auf andere Literatur noch auf Tabellen und Abbildungen verweisen. Alle nicht standardmäßigen Abkürzungen und Symbole müssen erklärt werden. Zusammen mit der Überschrift und den Schlüsselwörtern gibt der Abstract den Inhalt des Artikels wieder. Als Verfasser sollten Sie daran denken, dass die einschlägigen Online-Systeme vor allem auf Überschriften und Abstracts zurückgreifen, um Artikel in elektronischen Datenbank und Suchmaschinen zu identifizieren. Diese Textelemente sollten daher mit großer Sorgfalt verfasst werden.

3.3. Schlüsselwörter

Maximal 5 Schlüsselwörter, durch Kommata getrennt.

3.4. Einleitung

- Beinhaltet Ausführungen über die Zielsetzungen der Arbeit und deren Zusammenhänge mit früheren Arbeiten zum Thema.
- Hierin sollte kein zu ausführlicher Überblick über die Literatur gegeben werden.
- Länge: in der Regel kürzer als eine formatierte Seite.

3.5. Methoden

Die Erklärung der angewandten Forschungsmethoden sollte kurz, präzise und nachvollziehbar sein. Untersuchungsverfahren, die bereits in früheren Publikationen beschrieben wurden, sollten nicht im Detail erklärt werden, sondern mit den entsprechenden Literaturverweisen lediglich zitiert werden. Nur neue und bedeutsame Ergänzungen zu bereits publizierten Prozederes erfordern genauere Erklärungen. Werden kommerzielle Produkte erwähnt, muss der Name des Herstellers angeführt werden.

significant items of the main paper. The abstract should provide concise information about the content of the core idea of your paper. It should be informative and not only present the general scope of the paper, but also comprise the main results and conclusions. The abstract should not contain any literature citations or allusions to tables or illustrations. All non-standard symbols and abbreviations must be defined. In combination with the title and the keywords, the abstract is an indicator of the paper's content. Authors should bear in mind that online systems rely heavily on the content of titles and abstracts to identify articles in electronic bibliographic databases and search engines. It is therefore advisable to take great care in preparing these elements.

3.3. Keywords

List of keywords proposed by the authors, separated by commas. Up to 5 key terms can be selected. We would suggest to avoid repetition of the title.

3.4. Introduction

- *Presents the purpose of the study and its relationship to earlier work in the field.*
- *Should not be an extensive review of the literature.*
- *Usually less than one formatted page.*

3.5. Methodology

Explanation of the research methods should be brief, but adequate for repetition by qualified investigators. Procedures that have been described in previous publications should not be described in detail, but merely cited along with the appropriate references. Only new and significant modifications of previously published procedures need complete exposition. Any commercial products that are mentioned should include the name of the manufacturer.

3.6. Results

This section includes a concise summary of the data presented in tables and illustrations. Excessive elaboration of data already given in tables and illustrations should be avoided.

3.7. Discussion/Conclusions

The data should be interpreted concisely without any repetition of the material which was already presented in the Results section. Speculation is permissible, but it must be well founded, and discussion of the wider implications of the findings is encouraged.

3.6. Ergebnisse

Dieser Textteil sollte eine präzise Zusammenfassung der Daten enthalten, die in den Tabellen und Abbildungen dargestellt sind.

3.7. Diskussion/Schlussfolgerungen

Dieser Abschnitt enthält eine präzise Interpretation der Daten ohne Wiederholung von Informationen, die bereits im Ergebnisteil erörtert wurden. Spekulationen sind zulässig, müssen jedoch ausreichend mit Argumenten untermauert werden. Die Diskussion der weitergehenden Implikationen der Ergebnisse ist erwünscht.

Erklärt werden sollten die wichtigsten Schlussfolgerungen der Arbeit, darüber hinaus sollte auf deren Wichtigkeit und Relevanz hingewiesen werden.

3.8. Danksagungen

Hier werden Personen erwähnt, die zwar nicht Koautoren waren, aber dennoch bei der Arbeit mitgewirkt haben. Die Genehmigung für deren Erwähnung muss vom korrespondierenden Autor eingeholt werden.

3.9. Erklärung zu möglichen Interessenkonflikten

Ein Interessenkonflikt entsteht, wenn das professionelle Urteilsvermögen hinsichtlich der Validität von Forschungsergebnissen durch sekundäre Interessen (z.B. finanzieller Natur) unangemessen beeinflusst wird. Potentielle Interessenkonflikte müssen explizit offengelegt werden.

Andernfalls wird erklärt, dass keinerlei Interessenkonflikt vorliegt (z. B.: „Die Autoren erklären, dass in Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit keinerlei Interessenkonflikt besteht.“).

3.10. Literatur

Im Literaturverzeichnis sind alle vom Verfasser benutzten literarischen und sonstigen Quellen vollständig zu belegen. Die Arbeiten, auf die Bezug genommen wird, sollen anhand der Zitation vom Leser gefunden werden können. Verweise im Text auf andere Quellen werden durch fortlaufende Zahlen in eckigen Klammern gekennzeichnet.

The main conclusions of the work should be explained, highlighting their importance and relevance.

3.8. Acknowledgments

Include in this section the names of others contributing to the work who are not identified as authors. The corresponding author should obtain written permission to refer to those mentioned in the Acknowledgments section.

3.9. Disclosure Policy

A competing interest exists when professional judgment concerning the validity of research is influenced by secondary interests, such as financial gain. We require that our authors reveal any possible conflict of interests in their submitted manuscripts.

If there is no conflict of interests, authors should state that “The author(s) declare(s) that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.”

3.10. References

A complete reference list should provide the reader with enough information to find the relevant articles. Please pay particular attention to spelling, capitalization and punctuation. The authors are responsible for completeness of the references. Please avoid references to unpublished material, private communication and web pages.

A number enclosed in square brackets, e.g. [1] or [17], placed in the text of the contribution, indicates the relevant reference. Citations are numbered in the order in which they appear in the text and each citation corresponds to a numbered reference containing publication information about the source cited in the reference list at the end of the contribution. Once a source has been cited, the same number is used in all subsequent references. No distinction is made between print and electronic references when citing within the text. Each reference number should be enclosed in square brackets on the same line as the text, before any punctuation, with a space before the bracket.

Examples:

“Although international guidelines [10] recommend that cardiac troponin concentrations above the 99th centile be used for the diagnosis of myocardial infarction, some studies suggest that patients with

Beispiele:

„In einer Reihe von aktuellen Studien [2, 13, 15] wurde bereits auf diese Problematik hingewiesen.“

“Although international guidelines [10] recommend that cardiac troponin concentrations above the 99th centile be used for the diagnosis of myocardial infarction, some studies suggest that patients with undetectable troponin concentrations are at low risk [12, 14, 23].

Die vollständige Literaturangabe findet sich dann mit der entsprechenden, in eckige Klammern gesetzten Nummer im Literaturverzeichnis am Ende des Artikels.

Auf die korrekte Rechtschreibung, Groß- und Kleinschreibung und Interpunktion ist zu achten. Die Verfasser sind für die Vollständigkeit der Literaturangaben verantwortlich. Bezüge auf unveröffentlichte Arbeiten, private Kommunikationen und Webseiten sind zu vermeiden.

3.11. Tabellen

Tabellen sind mit der Tabellenfunktion von Word zu erstellen, und zwar unter Verzicht auf vertikale Linien. Als minimale Schriftgröße sind 10pt zu wählen. Schriftart und Schriftgröße müssen dem Haupttext entsprechen. Jede Tabelle ist mit einem kurz und prägnant formulierten Erklärungstext zu versehen.

3.12. Abbildungen

Die verwendeten Abbildungen sollten klar, leicht verständlich und von guter Qualität sein. Schriftart und Schriftgröße müssen dem Haupttext entsprechen. Einheiten sind in Klammern hinter die jeweiligen Zahlen zu setzen.

Mathematische Formeln werden in den Text integriert. Komplexe Formeln werden mithilfe des Formelassistenten von Word erstellt.

Sämtliche Formeln werden wie folgt durchnummeriert (arabische Ziffern am Ende der Zeile):

$$E = mc^2 \quad (1)$$

undetectable troponin concentrations are at low risk [12, 14, 23].

Concomitantly, the risk of iatrogenic preterm delivery also increases with maternal age [4].

3.11. Tables

Tables should be prepared with the aid of the Word table function, without vertical lines. The minimum size of the font in the tables should be 10 pt. Styles and fonts should match those in the main body of the article. Each table should have an explanatory caption which should be as concise as possible.

3.12. Figures

Authors may use line diagrams to illustrate theses from their text. The figures should be clear, easy to read and of good quality. Styles and fonts should match those in the main body of the article. Lettering and lines should be of uniform density and the lines unbroken. Axis labels should be in bold face. Units should be placed next to variables in parentheses. Figures should follow the text at and be numbered consecutively using Arabic numbers and their position in the text should be indicated.

Mathematical equations are to be embedded in the text. Complex equations should be prepared with the aid of the Word Equations editor.

All equations must be numbered (Arabic numbers), consecutively in parenthesis at the end of the line, as presented:

$$E = mc^2 \quad (1)$$

Zitationsregeln / Citation style

1. Periodika

Artikel in Periodika oder wissenschaftlichen Journals

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, „Titel des Artikels,“ Name des Journals, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abgek. Monat, Jahr.

Beispiele

P. Müller, J. Hiller, Y. Dai, J. L. Andreasen, H. N. Hansen, and L. de Chiffre, “Quantitative analysis of scaling error compensation methods in dimensional X-ray computed tomography,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 10, no. 8, pp. 68–76, Aug., 2015.

L. Ramirez Camargo, R. Zink, W. Dorner, and G. Stoeglehner, “Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at a municipal scale,” *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 52, no. 7, pp. 58–69, Jul., 2015.

M. Törnau, “Assessing the impact of long-term mobility choice motivation and short-term mobility means connotation on the use intention of electric cars in rural areas,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 75, no. 5, pp. 16–29, May., 2015.

2. Bücher (Monographien, Sammelbände)

Bücher

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, Titel. Erscheinungsort, Land wenn nicht Deutschland: Verlag, Jahr.

Beispiele

E. Wühr, *Quintessenz der chinesischen Akupunktur und Moxibustion: Lehrbuch der chinesischen Hochschulen für Traditionelle Chinesische Medizin*. Kötzing/Bayer. Wald:

1. Periodicals

An Article in a Periodical or Journal

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, „Name of the paper,“ Title of Periodical, vol. x, no. x, pp. xxx-xxx, Abbrev. Month, year.

Examples

P. Müller, J. Hiller, Y. Dai, J. L. Andreasen, H. N. Hansen, and L. de Chiffre, “Quantitative analysis of scaling error compensation methods in dimensional X-ray computed tomography,” *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, vol. 10, no. 8, pp. 68–76, Aug., 2015.

L. Ramirez Camargo, R. Zink, W. Dorner, and G. Stoeglehner, “Spatio-temporal modeling of roof-top photovoltaic panels for improved technical potential assessment and electricity peak load offsetting at a municipal scale,” *Computers, Environment and Urban Systems*, vol. 52, no. 7, pp. 58–69, Jul., 2015.

M. Törnau, “Assessing the impact of long-term mobility choice motivation and short-term mobility means connotation on the use intention of electric cars in rural areas,” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 75, no. 5, pp. 16–29, May., 2015.

2. Books

A Book

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, Title of Published Book. City of Publisher, Country if not Germany: Abbrev. Of Publisher, year.

Examples

E. Wühr, *Quintessenz der chinesischen Akupunktur und Moxibustion: Lehrbuch der chinesischen Hochschulen für Traditionelle*

Verl.-Ges. für Traditionelle Chinesische Medizin, 1988.

E. Wühr and M. Simmel, *Charisma in der Patientenführung: Wissenschaft und Kunst im Umgang mit Patienten*. Bad Kötzing/Bayer. Wald: Verlag für Ganzheitliche Medizin Dr. Erich Wühr GmbH, 2009.

B. Brühwiler and F. Romeike, *Praxisleitfaden Risikomanagement: ISO 31000 und ONR 49000 sicher anwenden*. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2010.

Einzelne Kapitel in Büchern

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, "Titel des Buchkapitels," in Titel der Monographie/des Sammelbands, xth ed., Erscheinungsort, (nur U.S.-Bundesstaat), Land wenn nicht Deutschland: Verlag, Jahr, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx.

Beispiele

C. Müller-Schloer and B. Sick, "Controlled Emergence and Self-Organization: Chapter 4," in Springer: *Complexity, Organic computing*, R. P. Würtz, Ed, Berlin: Springer Verlag, 2008, pp. 81–104.

R. Zink, L. Ramirez Camargo, P. Reidelstürz, and W. Dorner, "UAS-basierte Dachflächenerfassung als Berechnungsgrundlage für eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Photovoltaikprognose," in *Angewandte Geoinformatik 2015: Beiträge zum 27. AGIT-Symposium Salzburg*, J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner, and B. Zagel, Eds, Berlin: Wichmann, H, 2015, pp. 392–401.

T. Bartscher, "Durchführung der Personaleinstellung," in Band 1, *Das neue Personalmarketing - Employee Relationship Management als moderner Erfolgstreiber*, 2nd ed., Berlin: BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag, 2013, pp. 217–236.

3. Graue Literatur/Berichte

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, "Titel des Berichts," Abgek. Name des Auftraggebers/der Firma, Ort, Land wenn nicht Deutschland, Rep. xxx, Jahr.

Beispiele

H. Allinger, "Vernichtung, Preissenkung oder Aufklärung: Kann der Rindfleischkonsum in Passau wieder stabilisiert werden?: Eine Untersuchung im Auftrag der Milan GmbH &

Chinesische Medizin. Kötzing/Bayer. Wald: Verl.-Ges. für Traditionelle Chinesische Medizin, 1988.

E. Wühr and M. Simmel, *Charisma in der Patientenführung: Wissenschaft und Kunst im Umgang mit Patienten*. Bad Kötzing/Bayer. Wald: Verlag für Ganzheitliche Medizin Dr. Erich Wühr GmbH, 2009.

B. Brühwiler and F. Romeike, *Praxisleitfaden Risikomanagement: ISO 31000 und ONR 49000 sicher anwenden*. Berlin: Erich Schmidt Verlag, 2010.

A Book Chapter

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, "Title of chapter in the book," in Title of His Published Book, xth ed., City of Publisher, (only U.S. State), Country: Abbrev. Of Publisher, year, ch. x, sec. x, pp. xxx-xxx.

Examples

C. Müller-Schloer and B. Sick, "Controlled Emergence and Self-Organization: Chapter 4," in Springer: *Complexity, Organic computing*, R. P. Würtz, Ed, Berlin: Springer Verlag, 2008, pp. 81–104.

R. Zink, L. Ramirez Camargo, P. Reidelstürz, and W. Dorner, "UAS-basierte Dachflächenerfassung als Berechnungsgrundlage für eine räumlich und zeitlich hochaufgelöste Photovoltaikprognose," in *Angewandte Geoinformatik 2015: Beiträge zum 27. AGIT-Symposium Salzburg*, J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner, and B. Zagel, Eds, Berlin: Wichmann, H, 2015, pp. 392–401.

T. Bartscher, "Durchführung der Personaleinstellung," in Band 1, *Das neue Personalmarketing - Employee Relationship Management als moderner Erfolgstreiber*, 2nd ed., Berlin: BWV, Berliner Wissenschafts-Verlag, 2013, pp. 217–236.

3. Reports

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, "Title of report," Name of Co., City of Co., Abbrev. State, Country, Rep. xxx, year.

Examples

H. Allinger, "Vernichtung, Preissenkung oder Aufklärung: Kann der Rindfleischkonsum

Co. KG, Institut für Mikrobiologie, Analytik und Qualitätssicherung,” Passau, 2000.

H. Allinger, K. Bauer, A. Roser, and et al, “Leben und arbeiten mit Behinderung: Empirische Erkenntnisse über Menschen mit Behinderung in Tirol und sozialrechtliche Probleme bei einer Einführung von Werkstattlöhnen,” München, Innsbruck, 2013.

in Passau wieder stabilisiert werden?: Eine Untersuchung im Auftrag der Milan GmbH & Co. KG, Institut für Mikrobiologie, Analytik und Qualitätssicherung,” Passau, 2000.

H. Allinger, K. Bauer, A. Roser, and et al, “Leben und arbeiten mit Behinderung: Empirische Erkenntnisse über Menschen mit Behinderung in Tirol und sozialrechtliche Probleme bei einer Einführung von Werkstattlöhnen,” München, Innsbruck, 2013.

4. Papers Presented at Conferences

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, “Titel des Papers,” presented at the Name der Konferenz, Tagungsort, Land wenn nicht Deutschland, Abgek. Monat, Jahr.

Beispiele

C. Schopf, H. Biskup, and R. Rascher, “Surface roughness testing below 0.5 nm Sq: Measuring of Sub-Nanometer Surface Texture by White-Light Interferometry,” presented at the 6. Fachtagung Produktionsmesstechnik für die Praxis, Buchs, Schweiz, Sep. 2015.

D. Aboubacar, A. Zimmermann, and A. Grzempa, “Improved Clock Synchronization Start-Up Time for Switched Ethernet-Based In-Vehicle Networks,” presented at the IEEE International Conference on Emerging Technology & Factory Automation (ETFA) 2015, Luxemburg, Sep. 2015.

G. Benstetter, A. Hofer, A. Greppmair, and M. S. Brandt, “Atomic Force Microscopy analysis of laser-sintered Germanium nanoparticles for thermoelectric applications,” presented at the 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM), Oludeniz, Türkei, Oct. 2015.

5. Tagungsbände

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, “Titel des Papers,” in Abbrev. Name of Conf. (Tagungsort, –datum sind optional), Jahr, pp. xxx-xxx.

Beispiele

L. Juhász and J. Maas, “State-Space Control of Hybrid Micropositioning Systems for Industrial Applications,” in Konferenzband der VDI-Mechatroniktagung 2011 (31.03.-01.04.2011, Dresden), 2011, pp. 31–36.

4. Papers Presented at Conferences

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, “Title of paper,” presented at the Name of Conference, City of Conference, State/Country, Abbrev. month, year.

Examples

C. Schopf, H. Biskup, and R. Rascher, “Surface roughness testing below 0.5 nm Sq: Measuring of Sub-Nanometer Surface Texture by White-Light Interferometry,” presented at the 6. Fachtagung Produktionsmesstechnik für die Praxis, Buchs, Schweiz, Sep. 2015.

D. Aboubacar, A. Zimmermann, and A. Grzempa, “Improved Clock Synchronization Start-Up Time for Switched Ethernet-Based In-Vehicle Networks,” presented at the IEEE International Conference on Emerging Technology & Factory Automation (ETFA) 2015, Luxemburg, Sep. 2015.

G. Benstetter, A. Hofer, A. Greppmair, and M. S. Brandt, “Atomic Force Microscopy analysis of laser-sintered Germanium nanoparticles for thermoelectric applications,” presented at the 3rd International Congress on Energy Efficiency and Energy Related Materials (ENEFM), Oludeniz, Türkei, Oct. 2015.

5. Conference Proceedings

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, “Title of paper,” in Name of Conference (Location and date of Conference is optional), year, pp. xxx-xxx.

Examples

L. Juhász and J. Maas, “State-Space Control of Hybrid Micropositioning Systems for Industrial Applications,” in Konferenzband der VDI-Mechatroniktagung 2011 (31.03.-01.04.2011, Dresden), 2011, pp. 31–36.

S. Kunze, R. Pöschl, and A. Grzempa, "Experimental Test System for Distance Estimation of Standardized Passive UHF RFID Systems," in Proceedings of the 25th International Conference Radioelektronika (14.-16.04.2015, Pardubice, Tschechische Republik), 2015, pp. 30–33.

D. Wellisch, S. Kunze, and R. Pöschl, "A Modular Software Implementation for Smart Charging Station," in Proceedings of the 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST) (08.-10.09.2015, Wien, Österreich), 2015, pp. 254–259.

6. Internetdokumente

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, Titel des Beitrags, Available: URL.

Beispiele

M. Boßle, Die Zukunftsorientierung der deutschen Pflegewissenschaft an der Schnittstelle von Alter(n) und Pflege: Ein Plädoyer zur Konturierung pflegewissenschaftlicher Identität. Available: <http://www.pflegewissenschaft.info/images/stories/Bossle%20Anhang%20Zukunftsorientierung.pdf>.

T. Bartscher, Zentraler Faktor erfolgreicher Veränderungsprozesse ist das Commitment der Führung: Interview im randstad Korrespondent. Available: www.randstad-korrespondent.de.

Redaktion RiskNET, Risikomanagement und Corporate Governance: Die Compliance-Risikoanalyse. Interview mit Prof. Dr. Josef Scherer. Available: <https://www.risknet.de/themen/risknews/die-compliance-risikoanalyse/96caa9878d41c79718574d8b0f2b0a4/>.

7. Patentschriften

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, "Titel der Patentschrift," Veröffentlichungsnummer x xxx xxx, Monat Tag, Jahr

Beispiele

S. Scherbarth and et al, „Werkzeug für Metallbearbeitung“, DE000069619378T2, February 20, 2002

S. Kunze, R. Pöschl, and A. Grzempa, "Experimental Test System for Distance Estimation of Standardized Passive UHF RFID Systems," in Proceedings of the 25th International Conference Radioelektronika (14.-16.04.2015, Pardubice, Tschechische Republik), 2015, pp. 30–33.

D. Wellisch, S. Kunze, and R. Pöschl, "A Modular Software Implementation for Smart Charging Station," in Proceedings of the 2015 International Symposium on Smart Electric Distribution Systems and Technologies (EDST) (08.-10.09.2015, Wien, Österreich), 2015, pp. 254–259.

6. Electronic Sources

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, Title of paper, Available: site/path/file.

Examples

M. Boßle, Die Zukunftsorientierung der deutschen Pflegewissenschaft an der Schnittstelle von Alter(n) und Pflege: Ein Plädoyer zur Konturierung pflegewissenschaftlicher Identität. Available: <http://www.pflegewissenschaft.info/images/stories/Bossle%20Anhang%20Zukunftsorientierung.pdf>.

T. Bartscher, Zentraler Faktor erfolgreicher Veränderungsprozesse ist das Commitment der Führung: Interview im randstad Korrespondent. Available: www.randstad-korrespondent.de.

Redaktion RiskNET, Risikomanagement und Corporate Governance: Die Compliance-Risikoanalyse. Interview mit Prof. Dr. Josef Scherer. Available: <https://www.risknet.de/themen/risknews/die-compliance-risikoanalyse/96caa9878d41c79718574d8b0f2b0a4/>.

7. Patents

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, "Title of patent," U.S. Patent x xxx xxx, Month day, year

Examples

S. Scherbarth and et al, „Werkzeug für Metallbearbeitung“, DE000069619378T2, February 20, 2002

S. Scherbarth, „Schneideinsatz mit Planschneide, insbesondere für Planfräser“, AT000000493219E, January 15, 2011

S. Scherbarth, „Schneideinsatz mit Planschneide, insbesondere für Planfräser“, AT000000493219E, January 15, 2011

S. Scherbarth and et al, „Dubbelnegativt skär till verktyg för spånavskiljande bearbetning“, SE000000515070C2, June 5, 2001

S. Scherbarth and et al, „Dubbelnegativt skär till verktyg för spånavskiljande bearbetning“, SE000000515070C2, June 5, 2001

8. Hochschulschriften

Grundsätzliches Muster (IEEE Editorial):

J. K. Autor, „Titel der Arbeit,“ Art der Veröffentlichung, Fakultät, Universität/Hochschule, Ort, Jahr.

8. Theses (B.Sc., M.S.) and Dissertations (Ph.D.)

Basic Format (IEEE Editorial):

J. K. Author, „Title of thesis,“ Ph.D. dissertation, Dept., Univ., City of Univ., State, year.

Beispiele

P. Reidelstürz, „Die Douglasienkrone im Color-Infrarot Luftbild: Erarbeitung eines Interpretationsschlüssels am Beispiel des Stadtwaldes Freiburg,“ Diplomarbeit, Institut für Forsteinrichtung; Abteilung Photogrammetrie und Fernerkundung; Forstliche Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Breisgau, 1992.

Examples

P. Reidelstürz, „Die Douglasienkrone im Color-Infrarot Luftbild: Erarbeitung eines Interpretationsschlüssels am Beispiel des Stadtwaldes Freiburg,“ Diplomarbeit, Institut für Forsteinrichtung; Abteilung Photogrammetrie und Fernerkundung; Forstliche Fakultät, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg i. Breisgau, 1992.

S. Scheuerer, „Neue Tabusuche-Heuristiken für die logistische Tourenplanung bei restringierendem Anhängereinsatz, mehreren Depots und Planungsperioden,“ Dissertation, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Regensburg, Regensburg, 2004.

S. Scheuerer, „Neue Tabusuche-Heuristiken für die logistische Tourenplanung bei restringierendem Anhängereinsatz, mehreren Depots und Planungsperioden,“ Dissertation, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Universität Regensburg, Regensburg, 2004.

W. Dorner, „Environmental economic aspects of river basins and their catchment: Identification and quantification of flood related land use externalities,“ PhD Thesis, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, Toowoomba, Australien, 2009.

W. Dorner, „Environmental economic aspects of river basins and their catchment: Identification and quantification of flood related land use externalities,“ PhD Thesis, Faculty of Engineering and Surveying, University of Southern Queensland, Toowoomba, Australien, 2009.

Leitfaden für Reviewer / Guideline for Reviewers

Herzlichen Dank, dass Sie sich die Zeit nehmen, als Reviewer für das BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES tätig zu sein. Gerade in der Gründungsphase leisten Sie damit einen wertvollen Beitrag zum Gelingen des Journals der Technischen Hochschule Deggendorf. Unser Ziel ist es, das BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES als wissenschaftlich anerkanntes, zitierfähiges Journal zu etablieren. Daher danken wir und unsere Autoren Ihnen schon im Vorfeld für kritische Reviews mit konstruktivem Feedback.

Der Review Prozess als solches ist analog zu dem anderer wissenschaftlicher Zeitschriften. Zusätzlich zum „freien Review“ haben wir einige Punkte fokussiert und thematisieren, welche dazu dienen sollen, den Review-Prozess zu erleichtern und zu präzisieren.

1. Originalität
2. Bezug zur bereits vorhandenen Literatur
3. Methodologie
4. Ergebnisse
5. Implikationen für Forschung, Praxis und/oder Gesellschaft
6. Qualität des Beitrags

Dieser Leitfaden stellt lediglich eine Hilfestellung dar und soll Ihre Freiheit als Reviewer in keinster Weise einschränken. Sollten Sie Fragen zum Review-Prozess haben, wenden Sie sich bitte einfach an jas@th-deg.de.

1. Originalität

Enthält der Beitrag neues und signifikantes Wissen, das eine Publikation rechtfertigt?

2. Bezug zur bereits vorhandenen Literatur

Demonstriert der Autor mit seinem Beitrag, dass er über eine profunde Kenntnis der

Dear Reviewer,

Thank you for your willingness to review an article for the BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES. Your efforts and expertise are an important contribution to the success of DIT's academic journal, especially during the current foundation phase. It is our goal to establish the BAVARIAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCES as a citeable academic journal which is recognized in the scientific community. Your critical reviews and constructive feedback are highly valued!

The review process itself is analogous to that of other scientific journals. In addition to the free report we would like to kindly ask you to use the outline mentioned below.

1. *Originality*
2. *Relationship to Literature*
3. *Methodology*
4. *Results*
5. *Implications for research, practice and/or society*
6. *Quality of communication*

This outline is but a recommendation and should not constrain your freedom as a reviewer. Should you have any queries concerning the review process, please do not hesitate to contact us via email (jas@th-deg.de).

1. Originality:

Does the paper contain new and significant information adequate to justify publication?

2. Relationship to Literature:

Does the paper demonstrate an adequate understanding of the relevant literature in the field and cite an appropriate range of literature sources? Is any significant work ignored?

relevanten Literatur im spezifischen Fachgebiet verfügt und wird eine geeignete Menge an Literaturquellen zitiert? Gibt es wichtige Publikationen, die nicht berücksichtigt wurden?

3. Methodologie

Beruhet die Argumentation im Beitrag auf einer soliden und adäquaten theoretischen und konzeptuellen Grundlage? Sind die Forschungsarbeiten, auf die der Beitrag sich bezieht, hinsichtlich ihres Designs von angemessener Qualität? Wurden geeignete Methoden angewandt?

4. Ergebnisse

Werden die Ergebnisse klar präsentiert und wurden sie richtig analysiert? Wird die Arbeit im Abschnitt Schlussfolgerungen durch Erwähnung aller restlichen Textelemente angemessen abgerundet?

5. Implikationen für Forschung, Praxis und/oder Gesellschaft

Wurden klare Implikationen für Forschung, Praxis und/oder Gesellschaft abgeleitet und ausgearbeitet? Schließt der Beitrag die Lücke zwischen Theorie und Praxis? Wie können die Forschungsergebnisse in der Praxis (Relevanz für Wirtschaft und Handel) und in der Lehre Verwendung finden? Inwieweit sind sie von Nutzen für öffentliche Entscheidungsträger und inwieweit sind sie relevant für die Forschung (Erweiterung des vorhandenen Wissens)? Welche Auswirkungen könnte die Forschungsarbeit auf die Gesellschaft haben (Beeinflussung der öffentlichen Meinung, der Lebensqualität)? Stehen diese Implikationen mit den Ergebnissen und Schlussfolgerungen der Arbeit in Einklang?

6. Qualität des Beitrags

Wurden die Positionen im Beitrag sprachlich klar ausgedrückt und wurde die in diesem Fachgebiet übliche Fachsprache verwendet? Ist der Artikel sprachlich und stilistisch gesehen auf den zu erwartenden Leserkreis des Journals zugeschnitten? Wurden der Klarheit des Ausdrucks und der Lesbarkeit ausreichend Rechnung getragen (Satzstruktur, Fachjargon, Akronyme etc.)?

3. Methodology:

Is the paper's argument built on an appropriate base of theory, concepts, or other ideas? Has the research or equivalent intellectual work on which the paper is based been well designed? Are the methods employed appropriate?

4. Results:

Are results presented clearly and analyzed appropriately? Do the conclusions adequately tie together the other elements of the paper?

5. Implications for research, practice and/or society:

Does the paper identify clearly any implications for research, practice and/or society? Does the paper bridge the gap between theory and practice? How can the research be used in practice (economic and commercial impact), in teaching, to influence public policy, in research (contributing to the body of knowledge)? What is the impact upon society (influencing public attitudes, affecting quality of life)? Are these implications consistent with the findings and conclusions of the paper?

6. Quality of Communication:

Does the paper clearly express its case, measured against the technical language of the field and the expected knowledge of the journal's readership? Has attention been paid to the clarity of expression and readability, such as sentence structure, jargon use, acronyms, etc.



Bavarian Journal of Applied Sciences
Engineering, Information Technology, Economics, Health Sciences
Vol. 1, No. 1 (2015)

Editor-in-Chief Prof. Dr.-Ing. Andreas Grzempa.
Deggendorf Institute of Technology, 2015

