Organ der Gesellschaft für Informatik e.V.
und mit ihr assoziierter Organisationen

Band 41 • Heft 3 • Juni 2018

Informatik Spektrum



Springer

IT-gestützte Standortauswahl
Datenmarktplätze
Anforderungsmanagement in großen IT-Projekten



FULL STACK-WEBENTWICKLER (M/W) FÜR PROJEKTE IM UMFELD FINTECH, BLOCKCHAIN UND KUNDENPORTALEN

d-fine ist ein führendes europäisches Beratungsunternehmen mit Standorten in Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, München, London, Zürich und Wien. Mit über 700 hochqualifizierten Beratern unterstützen wir unsere Kunden – Banken, Versicherungen, Industrieunternehmen und Start-ups – bei anspruchsvollen quantitativen, prozessualen und technologischen Herausforderungen. Strategieberatung, Fachberatung, Technologieberatung: d-fine ist alles in einem.

d-fine wächst, und um den hohen Qualitätsanspruch auch weiterhin zu erfüllen, braucht unser Team ab sofort am Standort **Berlin oder Frankfurt** Verstärkung. Bei Bedarf erfolgt der Einsatz auch auf Projekten direkt bei Kunden vor Ort. Wir suchen daher in **Festanstellung und in Vollzeit einen Full Stack Webentwickler (m/w)**.

Aufgaben

- Der Schwerpunkt der Tätigkeit wird in der Unterstützung von internen und externen Projekten bei der Umsetzung von Prototypen und Anwendungen liegen, die im Zusammenhang mit den Themen FinTech, Blockchain und Kundenportalen stehen.
- Die Umsetzungen erfolgen dabei stets in Teams mit fachlichen Experten von d-fine unter Nutzung agiler Entwicklungsmethoden.
- Sie verantworten die technische Umsetzung und das Design des Web Front Ends von der Konzeption bis zur Implementierung.
- Sie unterstützen die Anbindung und Entwicklung der Middleware und des Backend von Webanwendungen und DApps.
- Sie schlagen passende Technologien für neue Projekte vor, sodass die Entwicklung effizient und nachhaltig erfolgen kann.

Anforderungen

- Erfolgreich abgeschlossenes Studium oder Berufsausbildung in einem IT-relevanten Bereich und mindestens drei Jahre Berufserfahrung in der Umsetzung von Webanwendungen
- Sehr gute Kenntnisse in aktuellen Javascript Frameworks wie z. B. AngularJS, React oder Vue.js
- Erfahrung mit NodeJS, inkl. Datenbankanbindung, REST, Swagger, Websockets, Webpack und Server Side Rendering
- Kenntnis weiterer Programmiersprachen wie z. B. Python, Java oder Go
- Erfahrungen mit NoSQL Datenbanken sowie AWS ist von Vorteil
- Kenntnisse in Dapp-Entwicklung – inkl. Web3js, Truffle – sind ebenfalls von Vorteil
- Teamfähigkeit, Hands-On-Mentalität und Serviceorientierung
- Interesse an Finanzthemen, FinTech und Blockchain
- Gute Deutsch- und Englischkenntnisse in Wort und Schrift

Wir bieten

- Intensive Einführungsschulungen in Ihr zukünftiges Aufgabenfeld
- Abwechslungsreiche und interessante Tätigkeit, angenehmes Betriebsklima und kurze Entscheidungswege
- Attraktive Sozialleistungen (30 Tage Jahresurlaub, Unfallversicherung, Zuschuss zu einem bundesweit vertretenen Fitness-Anbieter etc.)
- Individuelle Weiterbildungsmöglichkeiten, tolle Mitarbeiterevents und vieles mehr

Haben wir Sie neugierig gemacht?

Dann senden Sie Ihre Unterlagen – unter Angabe Ihres möglichen Eintrittstermins und der Kennziffer IS2018WE – an careers@d-fine.de. Wir freuen uns auf Ihre Bewerbung! Bei Rückfragen erreichen Sie Frau Alessa Erbacher unter 069/90737555.

d-fine. analytisch. technologisch. quantitativ.

www.d-fine.com/karriere Berlin, Düsseldorf, Frankfurt, London, München, Wien, Zürich

d-fine

Springer Vieweg

springer.com



Für alle, die mehr wollen!

Informatik Spektrum auch weiterhin in gedruckter Form

Wenn Sie das Informatik Spektrum nicht nur digital, sondern weiterhin als gedruckte Zeitschrift lesen wollen, können Sie sich freuen: Bestellen Sie jetzt und Sie erhalten das Organ der Gesellschaft für Informatik e.V. als Printabo zum ermäßigten Sonderpreis:

- Sechs gedruckte Ausgaben im ermäßigten Jahresabo
- Ihr Abopreis: Statt regulär 136 € **nur 59 € für GI-Mitglieder** (99,00 € für Nichtmitglieder) zzgl. 20 € Versand
- Die ersten 50 Abonnenten erhalten außerdem ein kleines Geschenk



Jetzt bestellen unter Angabe Ihrer GI-Mitgliedsnummer:
Kundenservice Zeitschriften, Springer Customer Service Center GmbH,
Tiergartenstraße 15-17, D-69121 Heidelberg
Telefon: +49 (0) 6221345-4303, Fax: +49 (0) 6221345-4229
E-Mail: societyservice@springernature.com

€ (D) sind gebundene Ladenpreise in Deutschland und enthalten 7 % für Printprodukte bzw. 19 % MwSt. für elektronische Produkte. € (A) sind gebundene Ladenpreise in Österreich und enthalten 10 % für Printprodukte bzw. 20% MwSt. für elektronische Produkte. Die mit * gekennzeichneten Preise sind unverbindliche Preisempfehlungen und enthalten die landesübliche MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.

Part of SPRINGER NATURE

Informatik Spektrum
Band 41 | Heft 3 | Juni 2018
Organ der Gesellschaft für Informatik e.V. und mit ihr assoziierter Organisationen

EDITORIAL

A. Bode
159 Tempora mutantur

HAUPTBEITRÄGE

M.-J. Hübner, C. Bär, M. Haushahn, M. Weiß
160 IT-gestützte Standortauswahl bei Niederlassungen

J. Lange, F. Stahl, G. Vossen
170 Datenmarktplätze in verschiedenen Forschungsdisziplinen: Eine Übersicht

K. Engel, B, Fechner, A. Berthold-Kraiczy, A. Homrighausen, R. Dillhage
181 Anforderungsmanagement in großen IT-Projekten

C. Baun, H.-N. Cocos, R.-M. Spanou
189 Erfahrungen beim Aufbau von großen Clustern aus Einplatinencomputern für Forschung und Lehre

U. Schmid, K. Weitz, A. Gärtig-Daugs
200 Informatik in der Grundschule

FORUM

208 Gewissensbits – wie würden Sie urteilen?/Datenschutz CH und EU: Was wird wirklich neu?/Lug und Trug – Schattenseiten im Sport/ Der Arbeitsmarkt für IT-Fachleute in Deutschland/ Nachruf auf Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Rul Gunzenhäuser/Zum Titelbild

231 Mitteilungen der Gesellschaft für Informatik 251. Folge
Ergebnisse der Präsidiumssitzung vom 26./27. Januar 2018/ Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der GI/Aus den GI-Gliederungen/ Tagungsankündigungen/Tagungsberichte/LNI-Neuerscheinungen/ Bundeswettbewerb Informatik/GI-Veranstaltungskalender

230



Realtime procedural planet rendering, with ocean, terrain, atmosphere and clouds

Springer

Informatik Spektrum

Organ der Gesellschaft für Informatik e.V. und mit ihr assoziierter Organisationen

Hauptaufgabe dieser Zeitschrift ist die Weiterbildung aller Informatiker durch Veröffentlichung aktueller, praktisch verwertbarer Informationen über technische und wissenschaftliche Fortschritte aus allen Bereichen der Informatik und ihrer Anwendungen. Dies soll erreicht werden durch Veröffentlichung von Übersichtsartikeln und einführenden Darstellungen sowie Berichten über Projekte und Fallstudien, die zukünftige Trends aufzeigen.

Es sollen damit unter anderem jene Leser angesprochen werden, die sich in neue Sachgebiete der Informatik einarbeiten, sich weiterbilden, sich einen Überblick verschaffen wollen, denen aber das Studium der Originalliteratur zu zeitraubend oder die Beschaffung solcher Veröffentlichungen nicht möglich ist. Damit kommt als Leser nicht nur der ausgebildete Informatikspezialist in Betracht, sondern vor allem der Praktiker, der aus seiner Tagesarbeit heraus Anschluss an die wissenschaftliche Entwicklung der Informatik sucht, aber auch der Studierende an einer Fachhochschule oder Universität, der sich Einblick in Aufgaben und Probleme der Praxis verschaffen möchte.

Durch Auswahl der Autoren und der Themen sowie durch Einflussnahme auf Inhalt und Darstellung – die Beiträge werden von mehreren Herausgebern referiert – soll erreicht werden, dass möglichst jeder Beitrag dem größten Teil der Leser verständlich und lesenswert erscheint. So soll diese Zeitschrift das gesamte Spektrum der Informatik umfassen, aber nicht in getrennte Sparten mit verschiedenen Leserkreisen zerfallen. Da die Informatik eine sich auch weiterhin stark entwickelnde anwendungsorientierte Wissenschaft ist, die ihre eigenen wissenschaftlichen und theoretischen Grundlagen zu einem großen Teil selbst entwickeln muss, will die Zeitschrift sich an den Problemen der Praxis orientieren, ohne die Aufgabe zu vergessen, ein solides wissenschaftliches Fundament zu erarbeiten. Zur Anwendungsorientierung gehört auch die Beschäftigung mit den Problemen der Auswirkung der Informatikanwendungen auf den Einzelnen, den Staat und die Gesellschaft sowie mit Fragen der Informatik-Berufe einschließlich der Ausbildungsrichtlinien und der Bedarfsschätzungen.

Urheberrecht

Mit der Annahme eines Beitrags überträgt der Autor Springer (bzw. dem Eigentümer der Zeitschrift, sofern Springer nicht selbst Eigentümer ist) das ausschließliche Recht zur Vervielfältigung durch Druck, Nachdruck und beliebige sonstige Verfahren das Recht zur Übersetzung für alle Sprachen und Länder.

Die Zeitschrift sowie alle in ihr enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen schriftlichen Zustimmung des Eigentümers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Jeder Autor, der Deutscher ist oder ständig in der Bundesrepublik Deutschland lebt oder Bürger Österreichs, der Schweiz oder eines Staates der Europäischen Gemeinschaft ist, kann unter bestimmten Voraussetzungen an der Ausschüttung der Bibliotheks- und Fotokopietantiemen teilnehmen. Nähere Einzelheiten können direkt von der Verwertungsgesellschaft WORT, Abteilung Wissenschaft, Goethestr. 49, 80336 München, eingeholt werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in dieser Zeitschrift berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Vertrieb, Abonnement, Versand

Papierausgabe: ISSN 0170-6012
elektronische Ausgabe: ISSN 1432-122X
Erscheinungsweise: zweimonatlich

Den Bezugspreis können Sie beim Customer Service erfragen: customerservice@springer.com Die Lieferung der Zeitschrift läuft weiter, wenn sie nicht bis zum 30.9. eines Jahres abbestellt wird. Mitglieder der Gesellschaft für Informatik und der Schweizer Informatiker Gesellschaft erhalten die Zeitschrift im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.

Bestellungen oder Rückfragen nimmt jede Buchhandlung oder der Verlag entgegen.
Springer, Kundenservice Zeitschriften,
Tiergartenstr. 15, 69121 Heidelberg, Germany
Tel. +49-6221-345-0, Fax: +49-6221-345-4229,
e-mail: customerservice@springer.com
Geschäftszeiten: Montag bis Freitag 8–20 h.

Bei **Adressänderungen** muss neben dem Titel der Zeitschrift die neue und die alte Adresse angegeben werden. Adressänderungen sollten mindestens 6 Wochen vor Gültigkeit gemeldet werden. **Hinweis gemäß §4 Abs. 3 der Postdienst-Datenschutzverordnung:** Bei Anschriftenänderung des Beziehers kann die Deutsche Post AG dem Verlag die neue Anschrift auch dann mitteilen, wenn kein Nachsendeauftrag gestellt ist. Hiergegen kann der Bezieher innerhalb von 14 Tagen nach Erscheinen dieses Heftes bei unserer Abonnementsbetreuung widersprechen.

Elektronische Version

springerlink.com

Hinweise für Autoren

http://springer.com/journal/00287

Hauptherausgeber

Prof. Dr. Dr. h. c.mult. Wilfried Brauer (1978–1998)
Prof. Dr. Arndt Bode,
Technische Universität München (seit 1999)

Herausgeber

Prof. Dr. S. Albers, TU München
Dr. B. Bartsch-Spörl, BSR Consulting, München
Prof. A. Bernstein, Ph. D., Universität Zürich
Prof. Dr. T. Braun, Universität Bern
Prof. Dr. O. Deussen, Universität Konstanz
Prof. Dr. G. Dueck, Neckargemünd
Prof. Dr. G. Goos, KIT Karlsruhe
Prof. O. Günther, Ph. D., Universität Potsdam
Prof. Dr. W. Hesse, Universität Marburg
Dr. Agnes Koschmider, KIT Karlsruhe
Dr.-Ing. C. Leng, Google
Prof. Dr. P. Liggesmeyer,
Fraunhofer IESE, Kaiserslautern
Prof. Dr. T. Ludwig, Deutsches
Klimarechenzentrum GmbH Hamburg
Prof. Dr. F. Mattern, ETH Zürich
Prof. Dr. Dr. h. c. H. C. Mayr,
Universität Klagenfurt
Prof. Dr. K.-R. Müller, TU Berlin
Prof. Dr. W. Nagel, TU Dresden
Prof. Dr. J. Nievergelt, ETH Zürich
Prof. Dr. E. Portmann, Universität Fribourg
Prof. Dr. F. Puppe, Universität Würzburg
Prof. Dr. R.H. Reussner, Universität Karlsruhe
Prof. Dr. S. Rinderle-Ma, Universität Wien
Prof. Dr. O. Spaniol, RWTH Aachen
Prof. Dr. D. Steinbauer, Wiesbaden
Dr. D. Taubner, msg systems ag, München
Prof. Dr. Herbert Weber, TU Berlin
Prof. Dr. Katharina Zweig, TU Kaiserslautern

Impressum

Verlag:
Springer, Tiergartenstraße 17,
69121 Heidelberg

Redaktion:
Peter Pagel, Sybille Thelen
Tel.: +49 611 787 8329
e-mail: Peter.Pagel@springer.com

Herstellung:
Philipp Kammerer,
e-mail: Philipp.Kammerer@springer.com

Redaktion GI-Mitteilungen:
Cornelia Winter
Gesellschaft für Informatik e.V. (GI)
Wissenschaftszentrum,
Ahrstraße 45, D-53175 Bonn,
Tel.: +49 228-302-145, Fax: +49 228-302-167,
Internet: http://www. gi.de,
e-mail: gs@gi.de

Wissenschaftliche Kommunikation:
Anzeigen: Eva Hanenberg
Abraham-Lincoln-Straße 46
65189 Wiesbaden
Tel.: +49 (0)611/78 78-226
Fax: +49 (0)611/78 78-430
eva.hanenberg@springer.com

Satz:
le-tex publishing services GmbH, Leipzig

Druck:
Printforce,
The Netherlands

springer.com

Eigentümer und Copyright
© Springer-Verlag GmbH Deutschland,
ein Teil von Springer Nature, 2018



Arndt Bode
Hauptherausgeber

Tempora mutantur

Hermann Engesser hat sich im Editorial von Heft 3/2017 unter der Überschrift „In eigener Sache" von Ihnen nach 22 Jahren der Verantwortung im Verlag für das Informatik Spektrum als Chefredakteur verabschiedet und diese Aufgabe an Peter Pagel, seinen Nachfolger als Chefredakteur übergeben. „In eigener Sache" war natürlich maßlos untertrieben, denn das Informatik Spektrum und die Informatik waren und sind für Hermann Engesser keine neutrale „Sache", sondern ein Herzensanliegen.

Ich habe Hermann Engesser 1985 beim BI-Verlag Mannheim kennengelernt, wo ich als junger Informatiker neu in den Herausgeberkreis der Reihe Informatik der BI Hochschultaschenbücher aufgenommen wurde und er, zunächst als Lektor, für die Reihe tätig war. Obschon kein Informatiker, war Hermann Engesser auch für anspruchsvolle Fachthemen der Informatik immer ansprechbar und er hat immer den Eindruck vermittelt, dass ihn diese neue Wissenschaftsrichtung inhaltlich fasziniert. Er ist eben ein Intellektueller im besten Sinne des Wortes, der an der „Sache" Informatik höchst interessiert war und ist.

Von sich selbst sagt Engesser, er sei „mit der Informatik gewachsen", was für ihn sicher ebenso zutreffend ist, wie auch für alle Informatiker der ersten – und zweiten – Stunde, denn der stete rasche fachliche Wandel dieser Wissenschaft und ihrer Anwendungen erfordert ja autodidaktische Kompetenz.

Fachliches Interesse an und Verständnis für Inhalte der Forschung, Lehre und Anwendung der Informatik waren aber nicht die einzigen Eigenschaften von Hermann Engesser. Sein enges Verhältnis zur Gesellschaft für Informatik und deren Fachgliederungen, aber auch zur Informatik allgemein, hat er durch zahllose Teilnahmen an Workshops, Kongressen und sonstigen Fachveranstaltungen gepflegt und damit hervorragende Kenntnis des „who is who" der Informatik entwickelt. So ist es ihm gelungen, stets die Vorschläge für fachliche Beiträge aus den Reihen des Herausgebergremiums durch originelle und lesenswerte zusätzliche Artikel zu ergänzen.

Das Anliegen von Hermann Engesser ging ganz sicher über die Aufgabe „70 Seiten alle 2 Monate" hinaus. Er hat sich auch als wesentlicher Akteur verstanden in dem Anliegen, das Informatik Spektrum zum Organ aller deutschsprachiger Informatik-Fachgesellschaften zu entwickeln. Vor etwa 15 Jahren war sein größter Erfolg, die schweizerische Fachorganisation SI für das Informatik Spektrum zu gewinnen. So war es auch kein Wunder, dass Hermann Engesser bereit war, das neue Team von Chefredakteur Peter Pagel und Redakteurin Sybille Thelen nach seinem Eintritt in die passive Altersteilzeit im Juli 2017 für ein weiteres Jahr inhaltlich zu begleiten. Mit diesem Heft des Informatik Spektrums endet nun auch dieser Zeitabschnitt, der den reibungslosen Übergang bestens ermöglicht hat. Ich möchte deshalb persönlich für mehr als 30 Jahre konstruktive Zusammenarbeit und Freundschaft danken. Die Informatik und mit ihr die GI verlieren einen Freund, aber nicht ganz, denn Hermann Engesser bleibt dem Informatik Spektrum erhalten, er wird künftig über Neuerscheinungen in der Informatik berichten. Ich freue mich schon auf seine Rezensionen!

Das vorliegende Heft behandelt sehr unterschiedliche Bereiche der Informatik, von der IT-Organisation bis zur Grundschulausbildung. Markus Weiß et al. berichten über „IT-gestützte Standortauswahl bei Niederlassungen". Florian Stuhl et al. geben eine Übersicht zu „Datenmarktplätzen in verschiedenen Forschungsdisziplinen". Das „Anforderungsmanagement in großen IT-Projekten" ist Thema von Kai Engel et al. Aus dem Bereich der Rechnerarchitektur stammt der Beitrag „Erfahrungen beim Aufbau von großen Clustern aus Einplatinencomputern für Forschung und Lehre" von Christian Baun et al. Die „Informatik in der Grundschule" ist das Thema von Ute Schmid et al. Diese Beiträge und die üblichen Rubriken bereiten Ihnen hoffentlich ein sommerliches Lesevergnügen.

Arndt Bode

DOI 10.1007/s00287-018-1106-1

IT-gestützte Standortauswahl bei Niederlassungen

Objektivierung der Entscheidungsfindung

Marie-Julie Hübner · Christian Bär
Markus Haushahn · Markus Weiß

Die Standortentscheidung eines Unternehmens, auch bei der Auswahl geeigneter Niederlassungen, ist regelmäßig nur schwer revidierbar. Deshalb hat diese einen entscheidenden Einfluss auf die Erfolgspotenziale eines Unternehmens. Der folgende Beitrag zeigt exemplarisch auf, wie in der Praxis eine transparente Standortempfehlung anhand einer Nutzwertanalyse erfolgen kann.

Die Standortentscheidung – eine strategische Aufgabe

Mindestens einmal im Lebenszyklus eines Unternehmens steht eine Standortentscheidung an – bei der Suche nach geeigneten Niederlassungen durchaus häufiger. Da hohe Investitionssummen in Grundstücken, Gebäuden und Betriebsmitteln gebunden sind, besitzt die Standortentscheidung einen langfristigen Charakter und ist schwer revidierbar. Durch diese teilweise hohe Standortgebundenheit beeinflusst der Unternehmensstandort die Erfolgspotenziale des Unternehmens nachhaltig. Die Bedingungen an einem Standort nehmen i. d. R. erheblichen Einfluss auf die betriebswirtschaftlichen Entwicklungen wie Absatzmöglichkeiten, Erlös- und Kostengrößen sowie teilweise auch auf das Image des Unternehmens. Eine schlechte Standortwahl kann daher nur selten mit wirtschaftlich vertretbarem Aufwand ausgeglichen werden.

Allerdings können sich Standortbedingungen im Lauf der Zeit verändern; dies sollte in der Entscheidungsphase berücksichtigt werden. Rationale Ansätze zur Standortentscheidung führen zu einer Vielzahl von relevanten Faktoren, deren Einzelverhalten und die Unsicherheit über ihre Interdependenzen die Standortwahl zu einer komplexen und gleichzeitig konstitutiven unternehmerischen Aufgabe machen.

Angesichts der strategischen Wichtigkeit stellt sich die Frage, wie ein möglichst optimaler Unternehmensstandort gefunden werden kann. Nicht nur kleine und mittelständische Unternehmen, sondern häufig auch Großkonzerne sind durch die Frage der richtigen Standortwahl herausgefordert, oftmals überfordert. Dies gilt im Grundsatz für den Stammsitz, v. a. aber für Niederlassungen eines Unternehmens.

Auch wenn Analysemethoden innerhalb der Market Due Diligence immer ausgereifter und die Standortwahl als betriebswirtschaftliches Problem in der Literatur häufig thematisiert werden, stimmt die tatsächliche Tiefe der Auseinandersetzung mit dem Thema in der Praxis häufig nicht mit der Relevanz dieser unternehmerischen Entscheidung überein.

Detaillierte Untersuchungen scheinen bei der Vielzahl an alternativen Standorten häufig auch zu kostspielig oder zeitintensiv [7]. In der Realität

DOI 10.1007/s00287-017-1036-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Marie-Julie Hübner
DATEV eG,
Fürther Str. 212, 90429 Nürnberg
E-Mail: mariejulie.huebner@datev.de

Christian Bär · Markus Weiß
DATEV eG,
Paumgartnerstr. 6–14, 90429 Nürnberg
E-Mail: {christian.baer, markus.weiss}@datev.de

Markus Haushahn
DATEV eG,
Ergersheimerstr. 1, 90431 Nürnberg
E-Mail: markus.haushahn@datev.de

Zusammenfassung

Hohe Investitionssummen in Grundstücke und Gebäude machen die Standortentscheidung eines Unternehmens, auch bei der Auswahl geeigneter Niederlassungen, schwer revidierbar und verleihen dieser Entscheidung einen eher langfristigen Charakter. Diese teilweise hohe Standortgebundenheit beeinflusst die Erfolgspotenziale eines Unternehmens jedoch nachhaltig. Eine Vielzahl relevanter Faktoren und die Unsicherheit über deren Zusammenhänge machen die Standortwahl zu einer komplexen Aufgabe. In der Praxis ist diese Entscheidung, trotz ihrer strategischen Bedeutung, häufig von subjektiven Wahrnehmungen geprägt und lässt wichtige Auswahlkriterien unberücksichtigt. Detaillierte Untersuchungen erscheinen, gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen, hingegen häufig als zu kostenintensiv und zeitaufwendig. Um die Transparenz und Sicherheit in der Entscheidungsfindung zu erhöhen, bietet sich ein unternehmensspezifisches Bewertungsmodell auf Grundlage einer Nutzwertanalyse an, das mithilfe möglichst objektiv beschreibbarer Kriterien eine realitätsnahe Analyse und Bewertung bei der Standortwahl ermöglicht.

erfolgt die Entscheidung oft auch nicht rational-optimal begründet, sondern aufgrund subjektiver Wahrnehmungen, persönlicher Beurteilungen, aufgrund von Erfahrungswerten oder nach den rein klassischen Ansätzen der Standorttheorie, die sich meist auf finanzielle Ergebnisgrößen beschränken und die Standortwahl nicht als strategischen Ansatz einer erfolgreichen Unternehmensentwicklung sehen [1, 3, 7].

Um einen möglichst optimalen Standort zu finden, setzt jedes Unternehmen andere Schwerpunkte. Dazu gehören vorab die Branche, unterschiedliche Zielgruppen und eine eigene, spezifische Unternehmensphilosophie. Grundsätzlich gibt es eine große Bandbreite an Standortkriterien und eine erhebliche Vielfalt an unterschiedlichen, nutzungsspezifischen Ausprägungsbedürfnissen, die möglichst optimal aufeinander abgestimmt sein sollten [4]. Häufig sind neben den expliziten, räumlichen Entscheidungskriterien die impliziten, nicht formulierten Erwartungen auch derart komplex, dass es unmöglich ist, alle Faktoren zu identifizieren und zu messen [11].

Für die angewandte Forschung ergeben sich daraus neue Herausforderungen an die Herangehensweise und die Durchführung einer fundierten, begründeten unternehmerischen Standortwahl. Unternehmen wie DATEV, die häufiger eine Sitzverlegung ihrer Niederlassungen vornehmen oder zusätzliche Expansionsstandorte suchen, haben großes Interesse an einem geeigneten und systematischen Verfahren zum Vorgehen bei der Standortwahl. Mithilfe der Anwendung systematischer Verfahren ist es trotz vorhandener Unsicherheit möglich, mehr Transparenz und Sicherheit in der Entscheidungsfindung sowie eine erhöhte Ergebnisqualität zu erzielen.

Angesichts des aufgezeigten Forschungsdefizits in der Frage der Standortfindung sowie Standortentscheidung wurde ein unternehmensspezifisches Bewertungsmodell entwickelt, mit dem aufgrund möglichst objektiv beschreibbarer Kriterien eine realitätsnahe Analyse und Bewertung für eine formal-rational begründbare Standortwahl möglich ist.

Grundlagen

Standortanalyse

„In der Literatur und im allgemeinen Sprachgebrauch wird die betriebliche Standortanalyse meist als Oberbegriff für alle Studien aufgefasst, welche sich mit den räumlichen Rahmenbedingungen unternehmerischer Aktivitäten beschäftigen“ [9]. Sie dient der Informationsbeschaffung für die Vorbereitung von Standortentscheidungen und orientiert sich an den individuellen Informationsbedürfnissen der Auftraggeber, d. h. der Unternehmen [5].

Die Aufgabe der Standortanalyse als Planungsinstrument besteht darin, die derzeitigen und vorhersehbaren Stärken und Schwächen eines untersuchten Standorts möglichst präzise zu identifizieren, zu beschreiben und entsprechend ihrer Bedeutung für die unternehmerischen Anforderungen zu priorisieren. Sie muss daher stets einen Abgleich der vorgegebenen Standortanforderungen mit den jeweils vorgefundenen Standortgegebenheiten vornehmen und möglichst objektiv mess- oder beobachtbare relevante Eigenschaften identifizieren, damit möglichst gute Standortalternativen

Abstract
High investment sums in land and buildings make a firm's location decision difficult to revise, even in the selection of suitable branches, and lend this decision a rather long-term character. However, this high degree of site-orientation has a lasting effect on the success potential of a company. A multitude of relevant factors and the uncertainty about their context make the location decision a complex task. In practice, this decision, despite its strategic importance, is often characterized by subjective perceptions and ignores important selection criteria. However, detailed investigations often appear to be cost-intensive and time-consuming, especially for small and medium-sized enterprises. In order to increase transparency and security in decision-making, a company-specific evaluation model based on a value-in-use analysis is offered which, by means of criteria that are as objective as possible, enables a realistic analysis and evaluation in the selection of the location.

ausfindig gemacht werden können. Aus dieser Menge möglicher Alternativen soll sie dann die beste identifizieren [9].

Die Parameter von Standortanalysen sind niemals einheitlich, da sie abhängig von der Ausgangssituation, den Unternehmenszielen und deren funktioneller Ausrichtung sind [2]. Gemeinsam ist ihnen die Zielsetzung: Bestimme den Grad der Zielerfüllung aller in Betracht kommenden Alternativen [9]. Dazu müssen zunächst gemäß einer vorliegenden Entscheidungssituation entscheidungsrelevante Parameter (Standortfaktoren) bestimmt und irrelevante Faktoren aussortiert werden.

Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse (NWA) wird von ihrem Begründer Zangemeister wie folgt definiert [14]: „Analyse einer Menge komplexer Handlungsalternativen mit dem Zweck, die Elemente dieser Menge entsprechend den Präferenzen des Entscheidungsträgers bezüglich eines multidimensionalen Zielsystems zu ordnen. Die Abbildung der Ordnung erfolgt durch die Angabe der Nutzwerte (Gesamtwerte) der Alternativen." Da sie sowohl quantitative als auch qualitative Kriterien berücksichtigen kann, findet die NWA insbesondere bei der Lösung komplexer und multidimensionaler Entscheidungsstrukturen Anwendung, die keine unmittelbare monetäre Quantifizierbarkeit bedingen [13].

Der beispielhafte Ablauf einer Nutzwertanalyse gliedert sich wie folgt [12]:

1. Zielbestimmung festlegen,
2. Ermittlung und Beschreibung der Alternativen,
3. Festlegung und Definition von Ausschluss- und Bewertungskriterien,
4. Kriteriengewichtung,
5. Bewertung der Alternativen durch Ermittlung des Nutzwerts,
6. Rangfolgenbildung/Bewertung der Vorteilhaftigkeit einer Alternative.

Für den Einsatz bei der Standortentscheidung sprechen v. a. die Flexibilität sowie die Einfachheit und Transparenz der Nutzwertanalyse [13]. Das in diesem Beitrag angewendete Modell ist an die sog. KT-Methode von Kepner und Tregoe (1965) angelehnt, bei der neben den Zielkriterien auch Mindestanforderungen in Form von Ausschlusskriterien festgelegt werden [9]. Dem häufig genannten Kritikpunkt der Subjektivität wird entgegengewirkt, indem bei Kriterienauswahl, -gewichtung als auch Bewertung mehrere Experten per Interview einbezogen werden.

Standortauswahl bei DATEV

Nutzwertanalyse bei der Standortwahl für Niederlassungen

Vorgehensweise zur Entwicklung der Informationsbasis. Zur Entwicklung der Informationsbasis, auf der das Tool aufgebaut wird, wurde die sog. Grounded Theory angewendet, die aus „desk research", Experteninterviews über Workshops und Pilotfällen in den Niederlassungen besteht.

Hierbei erfolgt die Annäherung an die Forschungsproblematik durch Kombination von quantitativen sowie insbesondere qualitativen Datenerhebungsverfahren. Diese erlauben verschiedene Blickwinkel auf die Standortentscheidung anhand unterschiedlicher Standortfaktoren. Die eigentliche Wissensgenerierung kommt durch die sogenannte Primär- und Sekundärforschung zustande [10].

Desk research. Im ersten Prozessschritt wird die Desk-research-Methode in Form einer Literaturre-

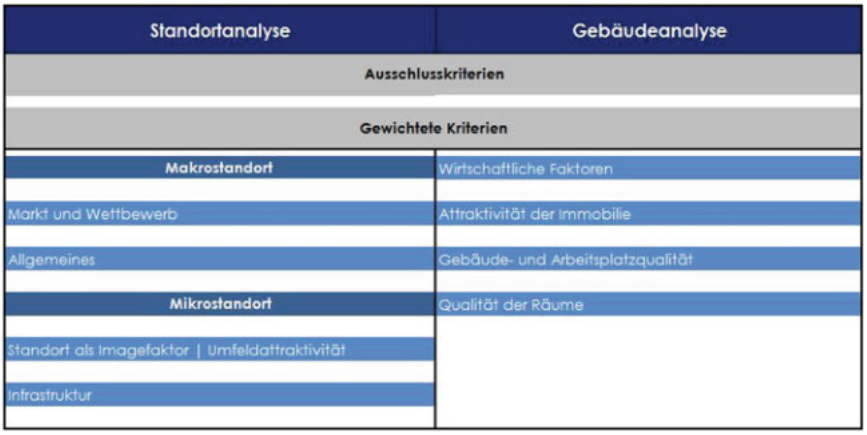


Abb. 1 Strukturierung der Einzelkriterien in Themencluster bis zur Gliederungsebene zwei

cherche eingesetzt. Sie dient zur Findung möglichst allgemeingültiger Standort- und Gebäudefaktoren, die in einem Kriterienkatalog zusammengefasst werden. Dabei werden anerkannte, relevante Quellen aus der Literatur, Zeitschriften oder dem Internet im Untersuchungszeitraum zum Untersuchungszeitpunkt recherchiert, analysiert und ausgewertet [8].

Experteninterviews. Um die so abstrakt gewonnenen – sekundären – Erkenntnisse aus dem „desk research" in die Realität zu übertragen, bedarf es einer empirischen Untersuchung, die die Sicht der am Entscheidungsprozess beteiligten Personen erfasst. Dazu wird im zweiten Prozessschritt ein passender Kriterienrahmen unter Zugrundelegung der aus der Literatur recherchierten Standort- und Gebäudefaktoren entwickelt. Mithilfe von Experteninterviews wird das bislang innerhalb eines Unternehmens praktizierte Standortwahlverhalten hinsichtlich der Handlungsmotive und ihrer Hintergründe sowie der dabei relevanten subjektiven Einschätzungen nachvollzogen und interpretiert [6].

Am Erkenntnisinteresse orientiert, wurden drei Expertengruppen für die Befragung nach ihren Aufgaben und Funktionen, sog. Rollen im Standortentscheidungsprozess, ausgewählt. Die Sichtweisen der Befragten unterscheiden sich daher in erster Linie durch ihre Aufgaben und Funktionen:

- Beeinflusser (B) → Bereiten die Standortauswahl vor und setzen diese um;
- Entscheider (E) → Treffen die finale Standortauswahl;
- Nutzer (N) → Standortmitarbeiter.

Um die erfassten subjektiven Einschätzungen mathematisch-objektivierend verwertbar zu machen, steht bei diesem Prozessschritt deren statistische Gewichtung im Vordergrund. Die Einzelurteile sind im Katalog rechnerisch in Form einer durchschnittlichen Bewertung jedes Kriteriums über alle DATEV-Experten zu einem Gruppenwert zusammengefasst, der repräsentativ für das Unternehmen steht. Jedes Einzelkriterium wird darüber hinaus so spezifiziert, dass es messbare Attribute besitzt.

Der so entstehende Kriterienkatalog wird hierarchisch strukturiert und in Themenzusammenhänge, sowie Ober-, Neben- und Unterkriterien gegliedert. Es entstehen Themencluster. Der Katalog besteht dabei im Wesentlichen aus zwei hierarchischen Oberbegriffen: Der Standort- und der Gebäudeanalyse. Die Standortanalyse ist wiederum in zwei räumliche Betrachtungsebenen unterteilt, dem Makro- und dem Mikrostandort. Innerhalb der Analyseblöcke sind die Kriterien wie beschrieben in Ober- und Unterkriterien geclustert, sodass jedes Cluster aus verschiedenen themenbezogenen Kriterien besteht (Abb. 1).

Workshops. Der dritte Prozessschritt besteht aus mehreren Workshops, in denen die Ergebnisse der Einzelbefragungen in einer gemeinsamen Diskussion aller Prozessbeteiligten nochmals verifiziert und optimiert werden.

Ziel der Workshops ist es, die Einzelmeinung mithilfe der Argumentation und Diskussion im Team zu überdenken, die Gedankengänge der anderen zu verstehen und gegebenenfalls anzupassen. Um eine gewisse Objektivierung zu erreichen,

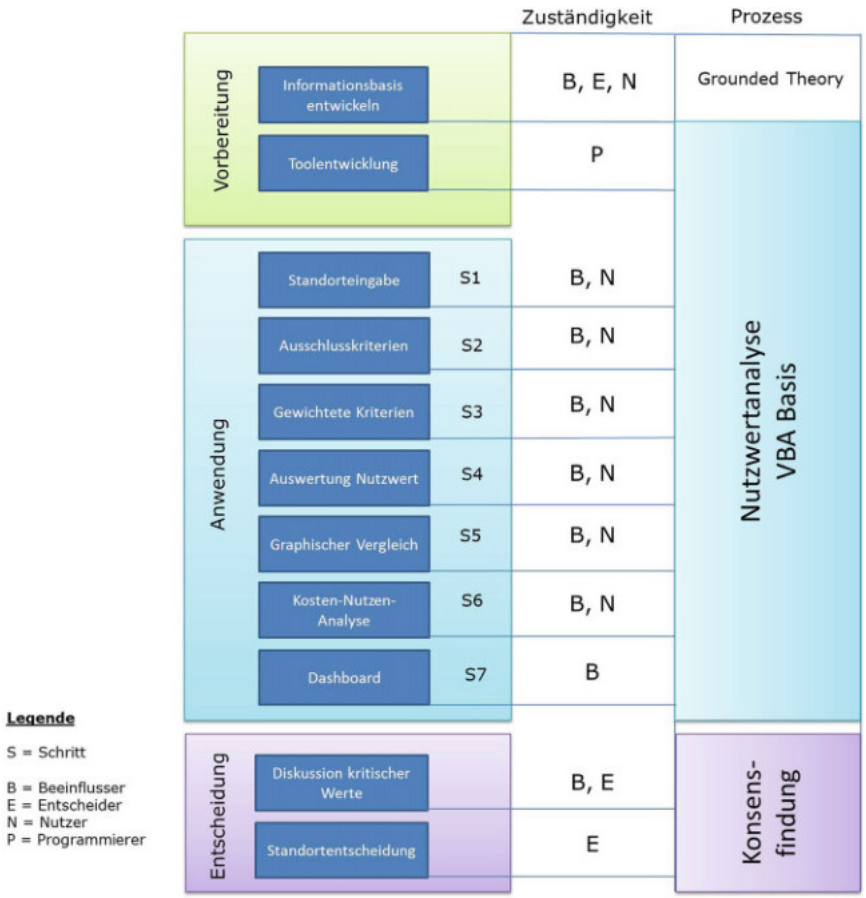


Abb. 2 Vorbereitung, Anwendung und Entscheidungsfindung im Standortwahlprozess

werden über die Workshops mehrere Entscheidungsträger parallel bei Gewichtung und Bewertung aktiv eingebunden.

Dazu erfolgt zunächst eine Analyse und Diskussion der Ergebnisse aus den Expertenbefragungen, bei der die Kriterien und deren Gewichtung sowie die Ausschlusskriterien bei Bedarf nochmals variiert und ergänzt werden können.

Die sog. Zuordnungstabellen, in denen festgelegt ist, wie viele Punkte welche Ausprägung erlangt, werden während weiterer Workshops für jedes Einzelkriterium diskutiert und bei Bedarf entsprechend an das Unternehmen angepasst. Gleichzeitig wird bei jedem Kriterium ein Mindestwertzielerfüllungsgrad (sog. kritischer Wert oder Sollwert) festgelegt, den ein Standort bei der Bewertung mindestens erreichen sollte.

Pilotfälle. Im vierten und letzten Prozessschritt wurde der entwickelte Kriterienkatalog mithilfe der Nutzwertanalyse anhand von Pilotfällen im Unternehmen verprobt. Nach erfolgreicher Pilotphase im Unternehmen wurde das Modell als Tool programmiert und final zum Einsatz bei der Standortsuche/-auswahl freigegeben.

Toolbeschreibung. Das Tool basiert auf einer einfachen relationalen Datenstruktur und ist in Visual Basic Applications (VBA) programmiert. Dabei bestehen die Eingabemasken aus Excel-Sheets (S1–S6; Abb. 2).

Nach der Eingabe aller zur Verfügung stehenden Standortalternativen in Sheet 1, erfolgt die Prüfung der Ausschlusskriterien (S2) und die Eingabe der jeweiligen Kriterienausprägungen (S3). Die somit ermittelten Nutzwerte der Standortalternativen können anschließend tabellarisch anhand der Einzelnutzwerte, der Gruppenwerte (Themencluster) oder anhand des Gesamtnutzwerts gegenübergestellt werden (S4). Um schnell und einfach die Kriterien zu identifizieren, die für das schlechtere oder bessere Abschneiden eines Standorts in der Ge-

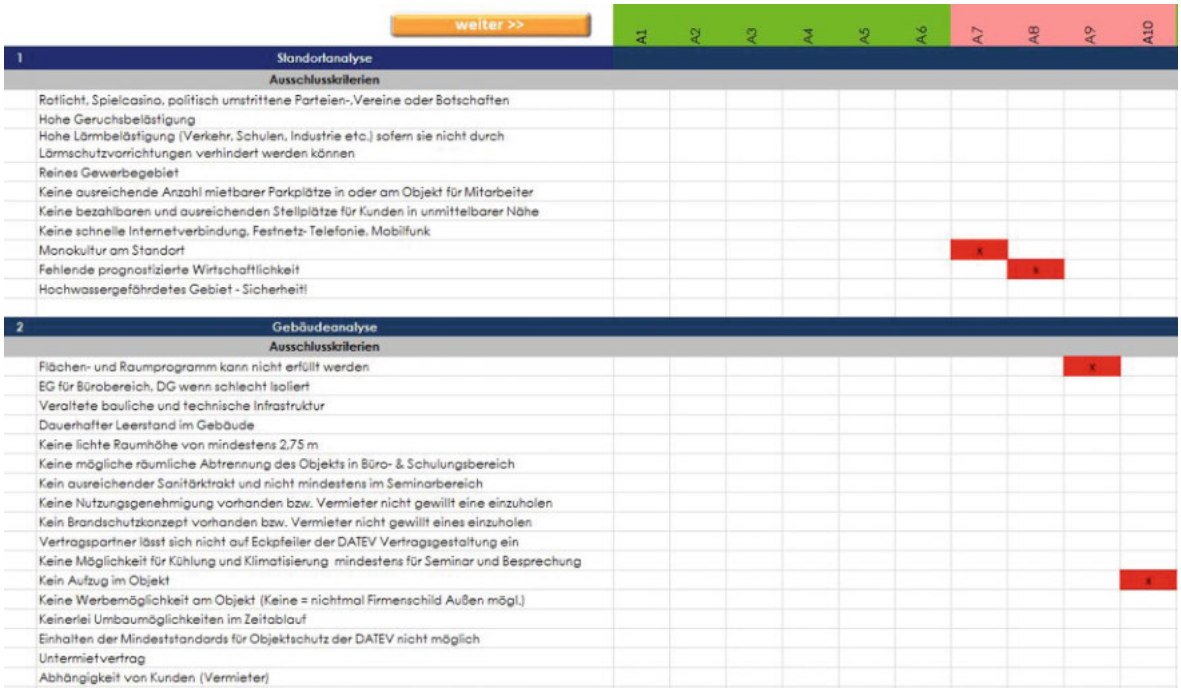


Abb. 3 Ausschnitt aus Ausschlusskriterienkatalog im Tool

samtsicht verantwortlich sind, können im Tool auch die Extremwerte (Minimal und Maximalwerte) der Kriteriengruppen optisch gekennzeichnet werden.

Zusätzlich werden die Abweichungen der Kriteriengruppen unter den Standorten, grafisch aufbereitet in Balkendiagrammen, kenntlich gemacht (S5). Hervorgehoben werden ebenso die festgelegten Mindestanforderungen an ein Kriterium im Vergleich zu den tatsächlichen Ist-Werten (Soll-Ist-Vergleich), um so besonders kritische Werte und starke Abweichungen von den Anforderungen des Unternehmens herauszustellen (ebenso S5).

In Schritt 6 (S6) können zudem die erwarteten Kosten der einzelnen Standortalternativen hinterlegt werden, um die ermittelten Nutzwerte zu diesen in Relation zu setzen.

Anwendung im Praxisbeispiel

Die Funktionalität und Vorgehensweise des Tools werden im Folgenden anhand eines Standortwechsels einer Niederlassung bei der DATEV eG dargestellt.

Ausgangslage. Der Standard des derzeitigen Mietobjekts aus den 1980er-Jahren liegt insbesondere in Bau- und Haustechnik deutlich unter dem anderer Niederlassungen und bietet nur geringere Möglichkeiten bzw. Flexibilität, diese veraltete technische Infrastruktur zu modernisieren. Der Kern der Marke DATEV, technisch innovativ und modern zu sein, wird durch die Bestandsimmobilie konterkariert.

Der prognostizierte Renovierungsaufwand, der nötig wäre, um dieses Manko zu beseitigen und einen vergleichbaren Qualitätsstandard zu anderen Niederlassungen zu erreichen, ist unverhältnismäßig hoch und wirtschaftlich nicht vertretbar. Die höheren Mietkosten bei Anmietung eines neuen Standorts liegen kumuliert bei einer Nutzungsdauer von 10 Jahren prognostiziert deutlich unter dem Renovierungsaufwand in der derzeitigen Niederlassung.

Alternativensuche. Daher wurde zunächst ein Katalog an essenziellen Standort-, Gebäude-, Flächenanforderungen für eine neue Niederlassung erstellt und Objekte danach gesucht. Mithilfe des Tools wurden 35 potenzielle Standortalternativen intensiver auf Eignung geprüft.

Im Tool wurden diese zunächst jeweils mit Namen und Adresse eingetragen (S1, Abb. 2). Im zweiten Schritt (S2) wurden diese mit dem Ausschlusskriterienkatalog geprüft und gegebenenfalls reduziert (Abb. 3). Die Alternativen 7–35 (A7–A35) wurden dabei eliminiert. Beispielsweise konnte bei

1	Standortanalyse - Gesamtnutzwert:		4,40		4,20		3,71		4,26		4,34		4,21
	Min./Max. Werte markieren / Min./Max.-Markierung zurück / Werte löschen / Experten	Gewichtung DATEV	A1 Teil-Nutzwert		A2 Teil-Nutzwert		A3 Teil-Nutzwert		A4 Teil-Nutzwert		A5 Teil-Nutzwert		A6 Teil-Nutzwert
	Gewichtete Kriterien	100,00%	4,40		4,20		3,71		4,26		4,34		4,21
1.1	Makrostandort	11,26%	0,56		0,56		0,56		0,56		0,56		0,56
1.1.1	Markt und Wettbewerb	5,64%	0,28		0,28		0,28		0,28		0,28		0,28
	Kundennähe/ Potenzial (Einzugsgebiet)	5,64%	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28
1.1.2	Allgemeines	5,62%	0,28		0,28		0,28		0,28		0,28		0,28
	Berufsständische Kammern und Verbände am Standort	5,62%	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28	5	0,28
1.2	Mikrostandort	88,74%	3,84		3,63		3,14		3,70		3,78		3,64	
1.2.1	Standort als Imagefaktor | Umfeldattraktivität	19,37%	0,97		0,88		0,73		0,87		0,88		0,81	
	Hohes Maß an Bekanntheit und Repräsentativität der Lage	5,62%	5	0,28	5	0,28	3	0,17	4	0,22	5	0,28	3	0,17
	Repräsentative Unternehmen in der Nachbarschaft mit Branchennähe zu DATEV	4,43%	5	0,22	5	0,22	3	0,13	4	0,18	4	0,18	4	0,18
	Sauberkeit der Umgebung	4,23%	5	0,21	3	0,13	4	0,17	5	0,21	4	0,17	5	0,21
	Sicherheit des Geschehens auf den benachbarten Straßen und Wegen	5,08%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
1.2.2	Infrastruktur	69,37%	2,87		2,75		2,42		2,83		2,89		2,83	
1.2.2.1	Verkehrsinfrastruktur: Erreichbarkeit mit öffentlichen und privaten Verkehrsmitteln	30,49%	1,23		1,29		1,08		1,33		1,29		1,33	
1.2.2.1.1	Private Verkehrsmittel	10,31%	0,36		0,36		0,31		0,36		0,36		0,36	
	Anbindung an die Autobahn	5,14%	4	0,21	4	0,21	3	0,15	4	0,21	4	0,21	4	0,21
	Qualität der Anbindung an das innerstädtische Straßennetz / Fernstraßennetz	5,18%	3	0,16	3	0,16	3	0,16	3	0,16	3	0,16	3	0,16
1.2.2.1.2	Öffentliche Verkehrsmittel	20,18%	0,87		0,92		0,77		0,97		0,92		0,97	
	Netzdichte unterschiedlicher öffentlicher Verkehrsmittel mit Anfahrt aus möglichst vielen verschiedenen Richtungen	4,23%	3	0,13	3	0,13	3	0,13	4	0,17	3	0,13	4	0,17
	Laufentfernung zur nächsten S-Bahn, U-Bahnstation oder Busstation	5,52%	4	0,22	5	0,28	4	0,22	5	0,28	5	0,28	5	0,28
	Benötigte Zeit zwischen Bahnhof und Objekt mit ÖPNV	5,09%	5	0,25	5	0,25	3	0,15	5	0,25	5	0,25	5	0,25
	Taktfrequenz (Taktzeiten im Fahrplan) bei Bus und Bahn	5,34%	5	0,27	5	0,27	5	0,27	5	0,27	5	0,27	5	0,27
1.2.2.2	Stellplatzsituation	8,98%	0,45		0,26		0,45		0,26		0,26		0,26	
	Parkplatzkapazität gemäß Flächen- und Standortanalyse	4,79%	5	0,24	1	0,05	5	0,24	1	0,05	1	0,05	1	0,05
	davon Tiefgarage oder Außenstellplätze	4,19%	5	0,21	5	0,21	5	0,21	5	0,21	5	0,21	5	0,21
1.2.2.3	Öffentliche technische Infrastruktur	4,99%	0,25		0,25		0,25		0,25		0,25		0,25	
	Kommunikationsnetz: Rundfunk, Internet, Festnetz-Telefonie, Mobilfunk (Breitbandverfügbarkeit, Ausfallsicherheit)	4,99%	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25	5	0,25
1.2.2.4	Nahe gelegene Versorgungs- und allgemeine Infrastruktur	24,91%	0,94		0,96		0,64		1,00		1,10		1,00	
	Einkaufsmöglichkeiten in ausreichender Qualität und Auswahl im Umkreis 500m	4,44%	5	0,22	4	0,18	5	0,22	5	0,22	5	0,22	5	0,22
	Ausreichend Gastronomie in möglichst vielen Kategorien in unmittelbarer Nachbarschaft (Umkreis 500m | ca. 10 min Laufweg)	5,26%	5	0,26	5	0,26	4	0,21	5	0,26	5	0,26	5	0,26
	Konferenzräume für tageweise Anmietung in unmittelbarer Umgebung oder sogar im Mietobjekt	5,99%	3	0,18	4	0,24	2	0,12	4	0,24	5	0,30	4	0,24
	Kammer und/oder Verband im näheren Umkreis	4,77%	3	0,14	3	0,14	1	0,05	2	0,10	2	0,10	2	0,10
	Hotel im näheren Umkreis oder sogar im gleichen Gebäude	4,45%	3	0,13	3	0,13	1	0,04	4	0,18	5	0,22	4	0,18

2	Gebäudeanalyse - Gesamtnutzwert:		4,18		3,84		3,79		3,98		4,22		3,87	
	Gewichtete Kriterien	100,00%	4,18		3,84		3,79		3,98		4,22		3,87	
2.1	Wirtschaftliche Faktoren	13,71%	0,55		0,52		0,50		0,50		0,55		0,47	
	Natürliche Belichtung und Beleuchtung | Tageslichtversorgungsquote im Gebäude = Fläche mit Gebäudetiefe < 6m / BGF	2,77%	5	0,14	4	0,11	5	0,14	3	0,08	5	0,14	4	0,11
	Wirtschaftlichkeit der Immobilienbauweise / Mietflächenfaktor [= (NGF / BGF) x 100 %] nach gif	2,66%		-		-		-		-		-		-
	Günstiges Achsraster	2,77%	5	0,14	5	0,14	4	0,11	5	0,14	5	0,14	5	0,14
	Günstige Raumtiefe	2,74%	5	0,14	5	0,14	4	0,11	5	0,14	5	0,14	4	0,11
	Günstige lichte Raumhöhe	2,77%	5	0,14	5	0,14	5	0,14	5	0,14	5	0,14	4	0,11
2.2	Attraktivität der Immobilie	16,49%	0,71		0,54		0,49		0,62		0,74		0,56	
	Branchennaher Mietermix im Gebäude	2,35%	5	0,12	4	0,09	4	0,09	5	0,12	4	0,09	5	0,12
	Zugänglichkeit des Gebäudes von der Hauptstraße	2,52%	5	0,13	3	0,08	3	0,08	4	0,10	5	0,13	5	0,13
	Erkenntlichkeit des Gebäudehaupteingangs	2,98%	4	0,12	2	0,06	2	0,06	3	0,09	5	0,15	3	0,09
	Qualität des Besucherempfangs	2,78%	3	0,08	5	0,14	3	0,08	4	0,11	5	0,14	2	0,06
	Verschiedene Werbemöglichkeiten innen und außen	2,98%	4	0,12	1	0,03	2	0,06	2	0,06	3	0,09	1	0,03
	Leitsystem im Haus	2,88%	5	0,14	5	0,14	4	0,12	5	0,14	5	0,14	5	0,14
2.3	Gebäude- und Arbeitsplatzqualität	20,21%	0,90		0,75		0,78		0,84		0,89		0,84	
	Thermische Behaglichkeit im Gebäude	3,09%	5	0,15	3	0,09	4	0,12	4	0,12	4	0,12	5	0,15
	Luftqualität	3,12%	5	0,16	4	0,12	4	0,12	4	0,12	4	0,12	3	0,09
	Geräuschisolierung / Dämmung im Gebäude	2,88%	5	0,14	3	0,09	4	0,12	4	0,12	4	0,12	4	0,12
	Physikalische Abtrennung des Objekts in Büro- & Schulungsbereich **auf einer Ebene**	2,66%	3	0,08	3	0,08	3	0,08	2	0,05	4	0,11	4	0,11
	Bei Anmietung höherer Stockwerke Einstiegsmöglichkeit durch angrenzende Balkone, Terrassen, Flachdächer (Sicherheit!)	2,56%	5	0,13	5	0,13	5	0,13	5	0,13	5	0,13	3	0,08
	Eigener Sanitärtrakt zusätzlich im Mitarbeiterbereich	2,99%	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15
	Behindertengerechte Ausstattung	2,91%	3	0,09	3	0,09	2	0,06	5	0,15	5	0,15	5	0,15
2.4	Qualität der Räume	49,59%	2,02		2,02		2,02		2,02		2,03		1,99	
2.4.1	Seminarbereich	18,24%	0,59		0,59		0,59		0,59		0,62		0,56	
	Handlungsorientierter Schulungsraum	3,19%	5	0,16	5	0,16	5	0,16	5	0,16	5	0,16	5	0,16
	Parlamentarischer Schulungsraum	3,09%	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15	5	0,15
	Multiraum/Besprechungsraum extern/Für Infotage	3,19%	4	0,13	4	0,13	4	0,13	4	0,13	5	0,16	3	0,10

Abb. 4 Ausschnitt der tabellarischen Auswertung der Standort- und Gebäudeanalyse

A9 das Flächen- und Raumprogramm nicht abgebildet werden und A10 fiel mangels Aufzug im Objekt heraus. Durch Anwendung des Ausschlusskriterienkatalogs reduzierten sich somit die Alternativen auf 6 Standorte (A1–A6).

Im nächsten Schritt (S3) wurde jede Standortalternative der Nutzwertanalyse unterzogen. Die Multiplikation von Zielerfüllungsgrad mit Gewichtungsfaktor ergibt den jeweiligen Teilnutzwert des Kriteriums. Die tabellarische Auswertung (Abb. 4) zeigt die Gegenüberstellung der Standortalternativen anhand der Einzelnutzwerte, der Gruppenwerte (Themencluster) und des Gesamtnutzwerts.

Standortanalyse. Im Makrostandort sind alle Alternativen mit einem Gruppenwert von 0,28 gleich stark. Die farblichen Markierungen der Minimal- und Maximalwerte lassen deutlich erkennen, dass sich A1 insbesondere beim Gruppenwert Standort als Imagefaktor mit einem Spitzenwert (grün) von

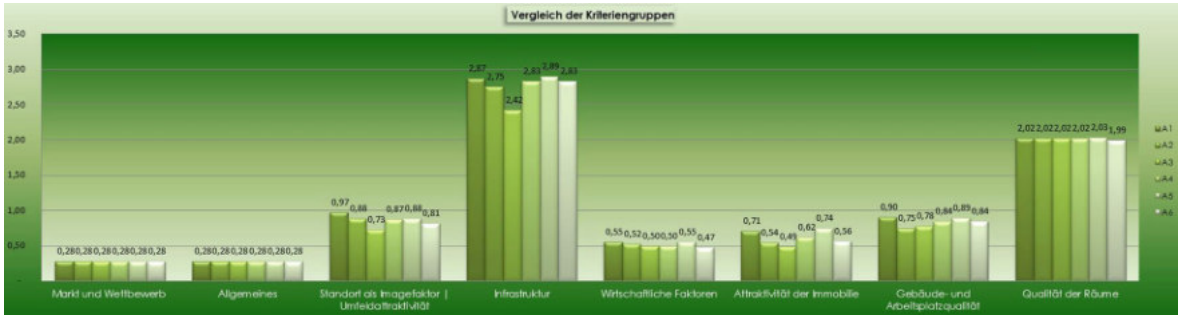


Abb. 5 Ausschnitt grafischer Vergleich von Standortalternativen anhand von Kriteriengruppen

0,97 von allen anderen Standorten abhebt und A3 bei zwei Gruppenwerten den niedrigsten Wert (rosa) aller Alternativen besitzt, sodass A1 im Gesamtnutzwert mit 4,40 den besten Standortgesamtnutzwert besitzt und A3 mit 3,71 am schwächsten abschneidet.

Gebäudeanalyse. Bei der Gebäudeanalyse weist Standort A3 wiederum einen Minimalwert beim Gruppenwert Attraktivität der Immobilie auf. Im Unterschied zur Standortanalyse sticht A5 mit Spitzenwerten in drei Themenclustern heraus (grün) wobei A1 mit einem Clusterwert von 0,55 bei den wirtschaftlichen Faktoren mit A5 gleichauf ist und ebenso einen weiteren Spitzenwert in Gebäude und Arbeitsplatzqualität mit 0,90 besitzt. A6 zeigt sich hier mit zwei Cluster-Minimalwerten als schwächste Alternative.

Die grafische Auswertung in Balkendiagrammen (S5) veranschaulicht nochmals die oben genannten Abweichungen der Gruppenwerte aller Standortalternativen (Abb. 5).

Hierbei wird deutlich sichtbar, dass die zum Makrostandort gehörigen Cluster (Markt und Wettbewerb sowie Allgemeines) bei allen 6 Alternativen gleich gut abschneiden. Wohingegen insbesondere beim Cluster Standort als Imagefaktor sowie Infrastruktur erhebliche Differenzen erkennbar sind. Bei den Gebäudefaktoren zeigt sich, dass A6 besonders schwach und A1 und A5 besonders stark abschneiden. Abweichungen der Clusterwerte untereinander von mehr als 0,10 Punktwerten werden hierbei als „diskussionswürdig" betrachtet und in einem separaten Dashboard (S7, Entscheidungsgrundlage) für jede Alternative aufgeführt (Abb. 8).

Die optische Hervorhebung der festgelegten Mindestanforderungen an ein Kriterium bzw. der Soll-Ist-Vergleich (Abb. 6) zeigt die kritischen

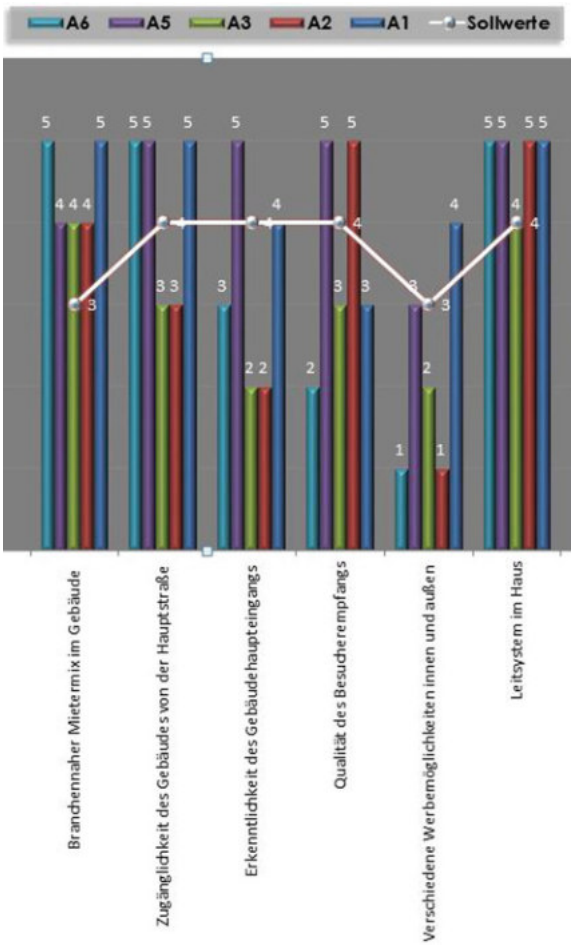


Abb. 6 Ausschnitt grafische Auswertung Soll- vs. Ist-Werte

Werte, die ebenso in das Dashboard aufgenommen werden. Als kritische Werte werden diejenigen angesehen, deren Zielerfüllungswert unterhalb des Soll-Werts (weiße Linie) liegt. Diese stellen zwar kein Ausschlusskriterium dar, sollten aber in der weiteren Analyse hinterfragt werden. Beispielsweise liegt der Ist-Wert für das Krite-

Kosten-Nutzenanalyse						
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Effektive Miete inkl Nebenkosten und Incentives (monatl.)	22,00 €	24,65 €	18,95 €	21,60 €	22,51 €	25,30 €
Vertragslaufzeit (in Jahren)	5	5	5	5	5	5
Option 1	-	-	-	-	-	-
Option 2	-	-	-	-	-	-
Kosten- Nutzenfaktor (Kosten/Nutzen)	2,56	3,07	2,53	2,62	2,63	3,13
Nutzwertanalyse						
Summe Standort & Gebäude-Nutzwerte:	8,58	8,04	7,50	8,24	8,56	8,08

Abb. 7 Ausschnitt der Kosten-Nutzen-Analyse

	Standortalternativen							Bemerkung
Schritte (S2-S6)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1 - A35	
S2 Ausschlusskriterien								Positive KO-Kriterien bei A7 bis A35 → Ausscheiden weiterer Betrachtung
S3 Cluster der Einzelnutzwerte (Themengruppenwerte) Min- Max-Werte								Insgesamt werden 55 Einzelkriterien bewertet und in 8 Kriterien-Gruppen (Themencluster) eingeteilt. In den aufgeführten Clustern betrug die Abweichung mehr als 0,10 Punktwerte und werden daher als Diskussionsgrundlage aufgeführt.
• Umfeld Attraktivität	0,97	0,88	0,73	0,87	0,88	0,81		Max Abweichung: 0,24
• Infrastruktur	2,87	2,75	2,42	2,83	2,89	2,83		Max Abweichung: 0,41
• Attraktivität der Immobilie	0,71	0,54	0,49	0,62	0,74	0,56		Max Abweichung: 0,25
• Gebäude & Arbeitsplatzqualität	0,90	0,75	0,78	0,84	0,89	0,84		Max Abweichung: 0,15
S4 Gesamtnutzwert Standort Gesamtnutzwert Gebäude Summe	4,40 4,18 8,58	4,20 3,84 8,04	3,71 3,79 7,50	4,26 3,98 8,24	4,34 4,22 8,56	4,21 3,87 8,08		
S5 Grafische Auswertungen Soll-Ist-Vergleich								Kritische Werte Die aufgeführten Kriterien sind anhand der Grafiken nochmals zu diskutieren
• Sauberkeit der Umgebung	5	3	4	5	4	5		Sollwert: 4
• 35. Parkplatzkapazität gem. Flächen- & Standortanalyse	5	1	5	1	1	1		Sollwert: 4
• 45. Kammer und/oder Verband im näheren Umkreis	3	3	1	2	2	2		Sollwert: 2
• 64. Erkenntlichkeit des Gebäudehaupteingangs	4	2	2	3	5	3		Sollwert: 4
• 66. Verschiedene Werbemöglichkeiten	4	1	2	2	3	1		Sollwert: 3
• 71. Luftqualität	5	4	4	4	4	3		Sollwert: 4
S6 Kosten- Nutzenanalyse 5 Jahre Laufzeit Effektivmiete inkl. NK und Incentives Nutzen: Kosten-Nutzen Faktor:	22,00 € 8,58 2,56	24,65 € 8,04 3,07	18,95 € 7,50 2,53	21,60€ 8,24 2,62	22,51€ 8,56 2,63	25,30€ 8,08 3,13		Die Kosten werden den Nutzwerten gegenübergestellt.
Empfehlung	Anhand der Ergebnisse und Analyse der Nutzwerte sowie Kostengegenüberstellung wurde eine Empfehlung für A1 abgegeben.							

Abb. 8 Beispieldashboard als Entscheidungsgrundlage

rium Werbemöglichkeiten Innen und Außen bei A2, A3, A4 und A6 deutlich unter dem Sollwert von 3.

In Schritt 6 (S6) werden die in S2 und S3 ermittelten Nutzwerte schließlich noch in einer Kosten-Nutzen-Analyse gegenübergestellt (Abb. 7). In diesem Fall wurde für alle Alternativen die Effektivmiete inklusive Nebenkosten und Incentives über eine Laufzeit von 5 Jahren berechnet und mit den Nutzwerten ins Verhältnis gesetzt. Je kleiner dieser errechnete Faktor, umso besser wird die einzelne Alternative bewertet.

Die Standortalternativen wurden schließlich anhand der Ergebnisse aus S2–S6 in einem Entscheidungsdashboard (S7) aufbereitet und als Entscheidungsgrundlage zur Empfehlung an die Entscheider weitergegeben (Abb. 8).

Die optisch aufbereitete Gegenüberstellung der Standortalternativen sowie Kennzeichnung kritischer Werte gibt Entscheidern eine übersichtliche, verständliche Grundlage zur Diskussion und Konsensfindung bei der Standortentscheidung. Die Standortentscheidung fällt, sobald die Entscheider einen Konsens erreicht haben. Bei Ablehnung aller Standortempfehlungen wird eine erneute Standortsuche und somit Wiederholung des gesamten Prozesses notwendig.

Obgleich die Alternative 3 das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis (Faktor 2,53) der genannten Alternativen aufweist, wurde im Praxisfall die Alternative 1 empfohlen. Dies lag einerseits daran, dass die Alternative A3 mit großem Abstand den schlechtesten Gesamtnutzwert ausweist, der lediglich durch eine extrem niedrige Miete kompensiert wird. Andererseits zeigt A1 den besten Gesamtnutzwert als auch das zweitbeste Kosten-Nutzen-Verhältnis (Faktor 2,56).

Fazit

Das dargelegte Verfahren und die damit verbundene Technologie zur Optimierung der Suche nach neuen Unternehmensstandorten überwindet die Unsicherheit semantischer Beschreibungen bei den Auswahlkriterien durch den Versuch, qualitative Kriterien mathematisch zu quantifizieren. Gleichzeitig wird die Subjektivität von Entscheidungen durch transparente Wege zur Entscheidungsfindung reduziert, indem allgemeine betriebswirtschaftliche Parameter als auch standort- und unternehmensspezifische Kriterien herangezogen werden, die durch konsensuale Beschreibung mehrerer Experten eine größtmögliche sprachliche Präzisierung erfahren.

Somit gelingt es, alle zur Beurteilung stehenden Standortalternativen nach identischen Kriterien miteinander zu vergleichen und eine transparente Standortempfehlung darzulegen, die zudem unnötige Risiken bei der Auswahl vermeidet. Bei Anwendung der Nutzwertanalyse in der Praxis ist, neben der vergleichsweise kostengünstigen Umsetzung, v. a. die individuelle Anpassbarkeit der verwendeten Kriterien und deren Gewichtung an die Bedürfnisse des Unternehmens der entscheidende Vorteil.

Literatur

1. De Lange N (1989) Standortpersistenz und Standortdynamik von Bürobetrieben in westdeutschen Regionalmetropolen seit dem Ende des 19. Jahrhunderts. In: Bach W et al (Hrsg) Münstersche Geographische Arbeiten, Band 31. Selbstverlag des Institutes für Geographie der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster
2. Gondring HP (2013) Immobilienwirtschaft. Handbuch für Studium und Praxis. Vahlen, München
3. Goette T (1994) Standortpolitik internationaler Unternehmen. Dt. Univ.-Verlag, Wiesbaden
4. Haug A, von Wangenheim S (1995) Standortmanagement in der literarischen Übersicht. In: Gassert H, Horvath P (Hrsg) Den Standort richtig wählen. Schäffer-Poeschel, Stuttgart, S 71–83
5. Kately R (1993) Office Marketability Studies. In: White JR (ed) The Office Building. CRE and Appraisal Institute, Chicago, IL; SIOR Educational Fund, Washington, DC, pp 184–202
6. Meuser M, Nagel U (2009) Das Experteninterview – konzeptionelle Grundlagen und methodische Anlage. In: Pickel S et al (Hrsg) Methoden der vergleichenden Politik und Sozialwissenschaft. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, S 465–479
7. Muncke G, Dziomba M, Walther M (2008) Standort- und Marktanalysen in der Immobilienwirtschaft. In: Schulte KW, Bone-Winkel S (Hrsg) Handbuch Immobilien-Projektentwicklung. Immobilien Manager Verlag, Köln, S 133–207
8. Murfeld E (Hrsg) (2014) Spezielle Betriebswirtschaftslehre der Immobilienwirtschaft. Haufe Lexware, Freiburg
9. Ottmann M, Lifka S (2010) Methoden der Standortanalyse. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt
10. Sailer E, Kippes S, Rehkugler H (Hrsg) (2003) Handbuch für Immobilienmakler und Immobilienberater. Verlag C.H. Beck, München
11. Schneeweiß C (1991) Planung. Springer, Berlin Heidelberg
12. Schwarz R (2002) Controlling Systeme. In: Albach H (Hrsg) Die Wirtschaftswissenschaften. Gabler, Wiesbaden
13. Witte H (1978) Aspekte einer dynamischen Nutzwertanalyse unter Fehlerbetrachtung. Z ges Staatswiss 134:490–502
14. Zangemeister C (1976) Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Zangemeister & Partner, Winnemark

Datenmarktplätze in verschiedenen Forschungsdisziplinen: Eine Übersicht

Juliane Lange · Florian Stahl
Gottfried Vossen

Einleitung

Informationen gelten als eines der wichtigsten Güter in der heutigen digitalisierten Wirtschaftswelt [39]. Somit wird dem Wirtschaftsgut *Daten* als grundlegendem Rohstoff für die Gewinnung von Informationen immer mehr Wert zugemessen. Dies zeigt sich u. a. darin, dass der Handel mit Rohdaten, entsprechenden Analysediensten und den resultierenden bearbeiteten Daten in den letzten Jahren stark gewachsen ist [28]. Aus Mangel an Zugang zu qualitativ hochwertigen Daten entstehen immer mehr Handelsplattformen [35], die auf den kommerziellen Austausch von Daten spezialisiert sind. Auch wenn sich diese Plattformen noch in ihrer Anfangsphase befinden, zeichnet sich ein deutlicher Trend der Entwicklung von Datenmarktplätzen ab [3]. Auch die Forschung ist, u. a. durch einen Aufruf von Balazinska et al. [3] an die Datenbank-Forschungsgemeinde, auf die Thematik des Handels mit Daten und die daraus entstehenden Datenmarktplätze aufmerksam geworden, wobei der Fokus auf der Bestimmung des Wertes von Daten und der Entwicklung geeigneter Preismodelle liegt. In dieser Arbeit wird erstmals eine Übersicht über aktuelle Forschungsaktivitäten auf diesem Gebiet gegeben.

Die Forschung zu Datenmarktplätze gliedert sich in viele Forschungsfelder; so werden ethische [1, 34], organisatorische, wirtschaftliche [10, 20, 46] und technische Phänomene [17] betrachtet; unser Fokus liegt auf den wirtschaftlichen und technischen Aspekten. Konkret geben wir erstmals einen Überblick über bisher identifizierte Forschungsfelder und zugehörige Arbeiten. Dabei werden die unterschiedlichen Ausrichtungen der Forschungsarbeiten, mögliche thematische Überschneidungen und Verbindungen erarbeitet und benannt. Dazu werden kontroverse und übereinstimmende Ansichten der Forschungsgruppen innerhalb der verschiedenen Themenbereiche dargestellt und zukünftigen Forschungsrichtungen präsentiert.

Dabei stützt sich diese Forschungsarbeit auf eine umfassende Literaturrecherche, welche im Wesentlichen dem von Kitchenham [16] beschriebenen Vorgehen einer systematischen Literaturanalyse entspricht. Für den Erhalt eines Überblicks über die aktuellen Forschungsaktivitäten zum Thema Datenmarktplätze wurde auf Basis von Balazinska et al. [3], Muschalle et al. [28] und Stahl [36] Vorwärts- und Rückwärtssuche durchgeführt. Einige Forschungsgruppen wurden als Key-Player identifiziert und die Arbeiten dieser Gruppen im Hinblick auf Datenmarktplätze untersucht. Zudem wurde die Forschung von Koautoren der Key-Player berücksichtigt und auf Relevanz geprüft. Eine erweiterte umfangreiche Stichwortsuche – in verschiedenen, relevanten Literaturdatenbanken – ermöglichte das Auffinden weiterer Quellen, welche u. a. auch Randgebiete der Thematik erforschen.

Die Literatur wurde thematisch auf Relevanz für diese Arbeit geprüft, um die Fragestellung zu beantworten, in welche Forschungsfelder sich das Forschungsgebiet um Datenmarktplätze unterteilen lässt. Hierbei wurde insbesondere Literatur zu wirtschaftlichen und technischen Aspekten von

DOI 10.1007/s00287-017-1044-3
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Juliane Lange · Florian Stahl · Gottfried Vossen
WWU Münster, ERCIS,
Leonardo-Campus 3, 48149 Münster
E-Mail: j_lang39@uni-muenster.de, flst@ercis.de, g.v@wwu.de

Zusammenfassung
Der Handel mit Daten etabliert sich als immer wichtigerer Wirtschaftsbereich, in dem Datenmarktplätzen als Handelsplattformen eine Schlüsselrolle zukommt. Dementsprechend nimmt auch die Forschung zu Datenmarktplätzen zu und es werden neue Forschungsgebiete und -richtungen identifiziert, welche von verschiedenen Forschungsteams in unterschiedlichen Disziplinen bearbeitet werden. Dieser Artikel gibt zum ersten Mal einen Überblick über die aktuelle Forschung im Bereich Datenmarktplätze in unterschiedlichen Disziplinen. Es wird analysiert, welche Themenfelder erforscht werden und welche Forschungsgebiete weitgehend unberührt sind; außerdem werden Forschungsarbeiten aus ähnlichen Bereichen gegenübergestellt und der Gesamtzusammenhang aufgezeigt.

kommerziellen und privaten Datenmarktplätzen betrachtet, wohingegen ethische und organisatorische Blickwinkel auf die Thematik ausgeschlossen wurden.

Die Arbeit ist wie folgt gegliedert. In Abschnitt „Forschungsfelder“ wird ein inhaltlicher Überblick über die vorhandenen Forschungsgebiete im Bereich Datenmarktplätze gegeben. Hierbei werden zunächst die Eigenschaften von Daten als handelbares Gut sowie die Probleme der Bestimmung des Wertes und der Qualität von Daten besprochen. Des Weiteren werden die Forschungsfelder der konzeptionellen Forschung an Datenmarktplätzen, eine Klassifizierung von Datenmarktplätzen und das Problem der Preisfindung sowie Anforderungen an Preismodelle auf Datenmarktplätzen betrachtet. Abschnitt „Forschungsaktivitäten“ bietet eine Übersicht über die Forschungsgruppen und ihre Forschungsschwerpunkte. Anschließend werden in Abschnitt „Schlussbetrachtung und Ausblick“ die wichtigsten Erkenntnisse dieser Arbeit zusammengefasst, diskutiert und es wird ein Ausblick gegeben.

Forschungsfelder

Die verschiedenen Forschungsfelder rund um den Themenkomplex *Datenmarktplatz* lassen sich in drei große Bereiche unterteilen: die Forschung an Daten und deren Eigenschaften, die konzeptionelle und praktische Forschung an Datenmarktplätzen sowie Preisstrategien auf Datenmarktplätzen und die Entwicklung von Preismodellen. Im Folgenden werden diese Themenfeldern vorgestellt.

Daten als handelbares Gut

Informationen zählen zu einer der wichtigsten Ressourcen unserer Gesellschaft [30], da sie die Verbreitung und Erzeugung von neuem Wissen ermöglichen. In Form von strukturierten Daten bieten Informationen einen Wert für ein breites Spektrum an Konsumenten, die durch die Analyse der Daten Unterstützung bei Geschäftsentscheidungen erhalten. Außerdem können Daten als Grundlage für Dienstleistungen verwendet oder nach einer angemessenen Verarbeitung weiterverkauft werden [21]. Somit lassen sich Daten als Informationsgut auffassen, wobei ein Informationsgut nach Shapiro und Varian [33] „allem, was digitalisiert werden kann“ entspricht. Insgesamt ist Handel mit sowie Sammeln, Anbieten, Kaufen, Analysieren und Schützen von Daten ein wachsender Geschäftsbereich, der zunehmend an Bedeutung für Unternehmen und die Gesellschaft gewinnt [8].

Eine besondere Herausforderung beim Handel mit Daten bildet die ungewöhnliche Kostenstruktur von Daten, da die Fixkosten gegenüber den variablen Kosten stark dominieren [24, 33]. Diese Dominanz resultiert aus den verhältnismäßig hohen, anfänglichen Produktions- und Sammelkosten der Daten. Demgegenüber ist deren Vervielfältigung günstig und somit sind die marginalen Kosten gering. In diesem Zusammenhang beschäftigt sich die Forschung mit unterschiedlichen Preismodellen für Daten von Datenmarktplätzen (s. Abschnitt „Preisfindung“).

Die Bestimmung des Wertes von Daten ist von essenzieller Bedeutung für eine Preisfindung. Wie bei anderen Gütern hängt der Wert von Daten von der Marktsituation und dem Verhältnis von Angebot und Nachfrage ab. Demnach führt ein großes Datenangebot bei gleichzeitig geringer Nachfrage zu einem geringeren Wert der Daten und umgekehrt. Hinzu kommt, dass sich die Ermittlung des Gebrauchswertes von Daten zum einen aufgrund der beschriebenen Besonderheiten von Informationsgütern schwierig gestaltet. Zum anderen muss berücksichtigt werden, dass der Wert von Informa-

Abstract
Trading data is becoming an economic sector in its own right, and data marketplaces are taking on a key role as its intermediaries. Consequently, research regarding data marketplaces is increasing, too; a number of areas are being explored by various researchers from various backgrounds. In this paper, for the first time we present an overview of current research endeavors in the broad area of data marketplaces. We analyze which topics are covered by whom and which topics are not yet at the center of attention. Furthermore, we contrast publications from different groups on similar topics as well as illustrate the greater picture.

tionsgütern subjektiv ist und von verschiedenen Personen als unterschiedlich hoch empfunden wird [40]. Daher fehlt Datenanbietern oftmals das Verständnis für den Wert ihrer Daten für Konsumenten, zumal eine zuverlässige Methode für die Bestimmung des Wertes von Datensätzen bisher nicht existiert [11]. Durch den engen Zusammenhang des Wertes von Daten mit der Einschätzung der Konsumenten ergibt sich, dass der Wert und damit auch der Preis von Daten in Abhängigkeit von den Nachfragern bestimmt werden muss [32]. In diesem Kontext definieren Maruyama et al. [26], dass sich der Wert von Daten aus ihrem aktuellen Wert und ihrem spekulativen zukünftigen Wert zusammensetzt.

Eine weitere Schwierigkeit bereitet die Bestimmung des Wertes derjenigen Daten, die durch Bearbeitung, Umwandlung, Integration oder Nutzung verändert wurden. Die Einschätzung einer Wertsteigerung oder -minderung bearbeiteter Daten stellt eine weitere Herausforderung für Datenmarktplatzbetreiber dar. In vielen Modellen werden Rohdaten als minderwertig und günstiger gegenüber verarbeiteten oder strukturierten Daten angesehen [3]. Golrezaei und Nazerzadeh [10] vertreten eine gegenteilige Meinung und stützen sich auf die Annahme, dass Rohdaten das Potenzial bergen, durch Verarbeitung und Analyse zu Informationen zu werden. Im Gegensatz dazu haben bearbeitete Daten zwar bereits Informationen aus den Rohdaten gewonnen, jedoch nicht zwingend auf die Weise, die der Käufer wünscht.

Datenmarktplätze

Datenmarktplätze bieten eine Plattform für den Handel mit Daten als Informationsgut im elektronischen Markt, sind aber immer noch eine relativ junge Erscheinung [27], der bisher die Akzeptanz und das Erkennen ihres potenziellen Nutzens in der Praxis fehlt [35]. Um Aufmerksamkeit, Verständnis und Akzeptanz zu schaffen, beschäftigt sich die Forschung mit der konzeptionellen Analyse von Datenmarktplätzen [32, 38, 39] und ihrem Nutzen für alle beteiligten Akteure [28]. Die Hauptakteure eines Datenmarktplatzes lassen sich in die drei Gruppen unterteilen: Marktplatzbetreiber, Datenanbieter/Datenverkäufer und Datenkäufer/Datennutzer [20].

Der *Datenmarktplatzbetreiber* fungiert als Intermediär zwischen Käufer und Verkäufer. Seine Hauptaufgabe besteht dabei im Sammeln der Daten der Anbieter und dem Verkauf von Daten über Datenabfragen [20]. *Datenanbieter* besitzten Daten, die sie dem Datenmarktbetreiber umsonst, gegen Bezahlung oder gegen eine andere Form der Entschädigung zur Verfügung stellen; hierbei kann es sich insbesondere um private Anbieter handeln [20]. Allerdings werden die meisten Daten auf Datenmarktplätzen nicht von Individuen angeboten, sondern die Anbieter lassen sich unterteilen in Anbieter gewerblicher und nicht gewerblicher Daten [28].

Der *Datenkäufer* wird in der Literatur unterschiedlich detailliert behandelt. So beschäftigen sich Li et al. [20] mit der Rolle des Datenkäufers nur oberflächlich und beschreiben diesen lediglich als Datenanalyst, der Datenabfragen ausführen möchte. Im Gegensatz dazu entwickeln Muschalle et al. [28] ein breiteres Schema, in welchem der Datenkäufer in drei spezifischere, differenziertere Nutzer (Datenanalysten, Anwendungsentwickler und Entwickler) unterteilt wird.

Die konzeptionelle Betrachtung von Datenmarktplätzen im Hinblick auf deren Charakteristika findet sich insbesondere in einer über drei Jahre angelegten Studie [32, 38, 39], wobei auch eine ökonomische Sicht eingenommen wird [48]. Hierbei werden Datenmarktplätze als elektronische Marktplätze, auf denen verschiedene Daten als Informationsgüter gehandelt werden, definiert. In Stahl et al. [39] werden Datenanbieter und Datenmarktplätze in objektiven und subjektiven Dimensionen analysiert, was eine Charakterisierung und ver-

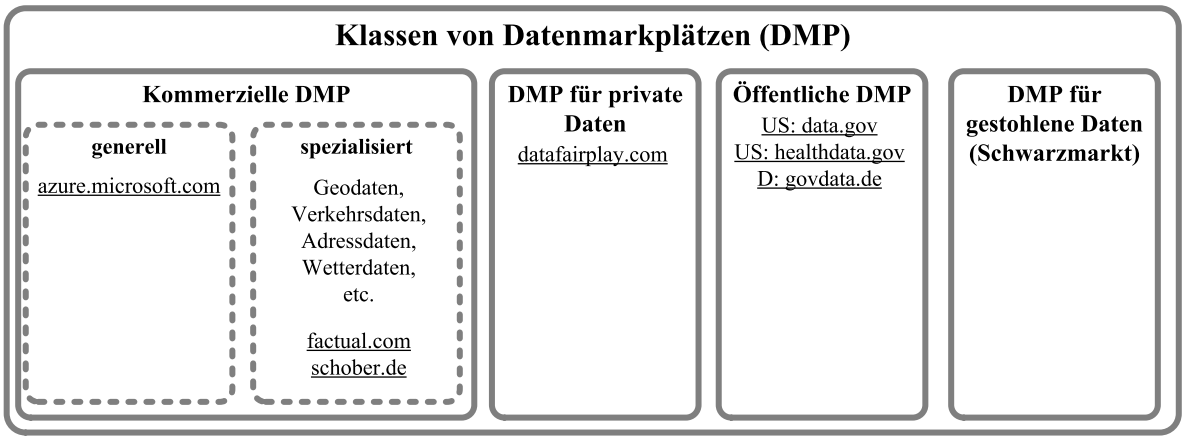


Abb. 1 Klassifikation von Datenmarktplätzen

gleichende Übersicht jeglicher Datenmarktplätze durch gezielte Analyse der einzelnen Kriterien ermöglicht. Betrachtet man die Art der Daten, die auf einem Datenmarktplatz gehandelt werden, und die angesprochenen Zielgruppen auf Anbieter- und Käuferseite, so lassen sich einzelne Klassen von Datenmarktplätzen identifizieren. Das Kriterium der Datenart bezieht sich in diesem Kontext auf den thematischen Informationsgehalt der Daten. So lassen sich Datenmarktplätze in vier Hauptklassen einteilen: Kommerzielle Datenmarktplätze, Datenmarktplätze für persönliche Daten, Datenmarktplätze für öffentliche Daten und Schwarzmärkte für gestohlene Daten. Abbildung 1 zeigt diese Klassifikation einschließlich der jeweils zugehörigen Unterklassen ebenso wie Links zu Datenmarktplätzen, welche ein eindeutiges Beispiel für die jeweilige Klasse darstellen. Die Klassifizierung wurde auf Basis der Erkenntnisse in der betrachteten Literatur sowie den darin enthaltenen Beispiel-Datenmarktplätzen (Links) erstellt. Die Klassen einer Ebene sind in diesem Modell disjunkt; zu beachten ist, dass sich Datenmarktplätze der Oberklasse in den zugehörigen Unterklassen wiederfinden, da sie dort nochmals in der Art der gehandelten Daten unterschieden werden.

Die erste und auf dem Markt bisher am häufigsten vertretene Klasse der *kommerziellen Datenmarktplätze* beinhaltet jegliche Datenmarktplätze, die Daten von kommerziellen Datenanbietern für kommerzielle Datennutzer bereitstellen. Auf beiden Handelsseiten stehen bei diesen Datenmarktplätzen gewinnorientierte Unternehmen. Innerhalb dieser Klasse lassen sich zwei Unterkategorien bilden: zum einen kommerzielle Datenmarktplätze mit einem breit gefächerten und eher generellen Datenangebot und zum anderen solche, die sich vollständig auf den Handel mit einer bestimmten Datenart spezialisiert haben. Unter die generellen kommerziellen Datenmarktplätze fallen Plattformen wie Microsoft Azure Marketplace [26] oder Infochimps [8], da diese ein vielfältiges Angebot von unterschiedlichen Daten bieten. Die spezialisierten Datenmarktplätze können weiterhin thematisch nach ihrem Datenangebot unterteilt werden Diese Unterebene der spezialisierten Datenmarktplätze lässt sich um beliebig viele neue Themenfelder ergänzen, sofern ein themenorientierter, kommerzieller Datenmarktplatz thematisch in keine der bisher identifizierten Kategorien einzuordnen ist.

Die zweite Kategorie umfasst den Handel mit *privaten und persönlichen Daten*. Diese Daten werden von Privatpersonen angeboten und daher stehen in dieser Kategorie Privatpersonen auf der Anbieterseite. Persönliche Daten sind also nicht als Kundendaten eines Unternehmens zu verstehen, sondern beziehen sich auf Informationen, die direkt von Privatpersonen preisgegeben werden. Diese bieten ihre Daten auf dem Datenmarktplatz gegen eine Entschädigung an. Auf der Käuferseite stehen hier wie bei den kommerziellen Datenmarktplätzen hauptsächlich Unternehmen, deren Datenanalysten diese Daten für ihre Unternehmenszwecke, wie beispielsweise Marketingstrategien, gewinnbringend einsetzen möchten, z. B. Datafairplay.com[1]. Es ist zu erkennen, dass sich Spezialisierungen auf bestimmte

[1] DataFairPlay (http://www.datafairplay.com)

Arten von Daten auch innerhalb des Marktes für private Daten vornehmen lassen. Da es bisher jedoch nur vereinzelt Datenmarktplätze für private Daten gibt, ist eine detailliertere thematische Klassifizierung nach Datenart bei der jetzigen Marktlage noch nicht sinnvoll [34].

Die Kategorie *Datenmarktplätze für öffentliche Daten* schließt alle Datenangebote ein, die kostenlos für jeden frei zugänglich sind. Dies beinhaltet vor allem die Datenbereitstellung von Regierungen und öffentliche Verwaltungen, die ihre Daten, wie beispielsweise statistische Auswertungen oder Protokolle, im Internet zur Verfügung stellen. Auf der Nutzerseite dieser Datenmarktplätze finden sich neben rein privaten Nutzern und Unternehmen auch einige kommerzielle Datenmarktplätze. Diese benutzen die kostenlosen Daten, um ihr eigenes Datenangebot zu vergrößern oder durch Kombination mit eigenen Daten den Datensätzen neuen Wert beizufügen. In beiden Fällen verbessert sich durch ein breites Datenangebot die Möglichkeit, neue Kunden zu gewinnen [28].

Die letzte Kategorie der *Schwarzmärkte für Daten* darf nicht unbeachtet bleiben, sofern der Markt und der Handel von Daten vollständig betrachtet werden sollen. Wie für viele andere Handelsgüter gibt es auch für Daten illegale Handelsplattformen, auf denen unrechtmäßig beschaffte oder gesetzeswidrig gesammelte Daten verkauft werden. An dieser Stelle sei für eine detailliertere Studie zu dreizehn illegalen Datenhandelsforen auf Hutchings und Holt [14] verwiesen.

Preisfindung

Das Festsetzen von Preisen für Daten ist von zentraler Bedeutung für jeden Datenmarktplatz und zudem eine besondere Herausforderung. Daher steht Preisfindung im Fokus der Forschung. Sämtliche Anforderungen an Preismodelle lassen sich in die drei Kategorien logische, technische und ökonomische Anforderungen gliedern. Zu den *logischen* gehören alle Anforderungen, deren Ziel ein logisch einwandfreies Preismodell darstellt. Hierzu zählt beispielsweise der grundlegende Anspruch auf *Arbitrage-Freiheit*, was bedeutet, dass für den Datenkäufer keine Möglichkeit bestehen darf, die Antwort auf eine teure Datenanfrage durch ein Zusammensetzen von Antworten mehrerer günstigerer Anfragen zu erhalten. Tang et al. [46] ergänzen den Anspruch von *Arbitragefreiheit* um die Forderung von monotonen Preisen, d. h. einer positiven Korrelation zwischen Preis und Qualitätsmerkmal.

Eine erste Hilfestellung und Orientierung für die Wertbestimmung und Preisbildung von Daten geben Stahl et al. [37] in Form von 11 Preiseinflussfaktoren in drei Kategorien (datenbezogene, rechtsbezogene und ökonomische Faktoren). Je nachdem, welche Ausprägung je Faktor vorliegt, können Annahmen über den sich daraus ergebenden Preiseinfluss getroffen werden. Bezüglich der datenbezogenen Faktoren setzen sich die Autoren mit Datenqualität im Kontext von Datenmarktplätzen auseinander [35, 40, 41]. Auf die Qualitätskriterien nach Naumann [29] zurückgreifend, wird in Stahl und Vossen [41] ein Qualitätsbewertungsmodell entwickelt, welches den Vergleich von Datenangeboten unterschiedlicher Datenverkäufer ermöglicht.

Auch Tang [43] und Tang et al. [44, 46] analysieren eine positive Korrelation von Preis und Datenqualität. Jedoch liegt der Fokus hier auf nur einem Qualitätsmerkmal, wie der Vollständigkeit von Daten oder dem Grad der Genauigkeit. Des Weiteren benennt Tang [43] eine obere bzw. untere Preisschranke für Preismodelle. Die untere Schranke vermeidet, dass Preise gebildet werden, die geringer als der günstigste Datensatz sind, wodurch ein Preis-Dumping verhindert werden kann. Ebenso verhindert die obere Schranke, dass der Preis für eine einzelne Anfrage höher werden kann als der Preis für den gesamten Datenbestand. Gegensätzlich dazu vertreten Wang und Strong [49] die Meinung, dass eine Berücksichtigung von Genauigkeit als alleiniges Qualitätsmerkmal nicht ausreichend ist, um dem Qualitätsanspruch von Konsumenten gerecht zu werden. Kushal et al. [19] präsentieren ein profitmaximierendes Preismodell, in welchem der Preis sublinear mit der Anzahl der verkauften Dateneinheiten sinken soll. Im Gegensatz dazu befürworten Tang et al. [46] eine anhaltende Monotonie der Preisfunktion.

Li und Miklau [21] erarbeiten das Prinzip der *Freiheit von Bedauern*. Dieses Prinzip bedeutet, dass die Summe der Einzelpreise für eine Serie von Anfragen, die über mehrere Zeitpunkte verteilt vom Datenkäufer gestellt werden, nicht höher sein darf als der Gesamtpreis, falls alle Anfragen zum selben Zeitpunkt gestellt werden. Somit wird hier der Fokus auf die Stabilität der Preise im Hinblick auf den zeitlichen Aspekt gelegt. Ein eher kontrovers

betrachteter Punkt ist die von Koutris et al. [18] angestrebte Rabattfreiheit. Daraus resultiert, dass von allen möglichen *arbitragefreien* Preisfunktionen diejenige gewählt werden muss, deren Funktion maximal ist und somit den höchsten Preis ergibt. Demgegenüber nutzen Stahl [36], Stahl und Vossen [41] und Tang [43] in ihren Preismodellen Rabatte, um die Zahlungsbereitschaft aller Kunden auszuschöpfen. Hier werden Modelle entworfen, in denen qualitativ geringwertigere Datensätze gegen einen Rabatt verkauft werden.

Unter die *technischen Anforderungen* an Preismodelle fallen jegliche Anforderungen, die and die technische Umsetzung und Ausführung der Preismodelle adressieren. Hierzu zählt die von Koutris et al. [17] geforderte möglichst kurze und effiziente Rechenzeit eines automatischen Preisfindungssystems [3, 17, 46].

Neben den logischen und technischen Anforderungen an Preismodelle finden sich in der Literatur auch Arbeiten zur Preisfindung, welche die *ökonomischen Aspekte* von Datenmarktplätzen einschließen. Im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit von Datenmarktplätzen identifizieren Balazinska et al. [3] die Fairness von Preismodellen als interessantes Forschungsgebiet. Im Bezug auf die anbieter- und käuferseitige Fairness von Preismodellen beschreiben Koutris et al. [17] ein Preisfindungssystem, durch welches der erwirtschaftete Gewinn durch verkaufte Daten fair unter den betreffenden Datenanbietern aufgeteilt werden kann. Fairness von Preismodellen wird auch in Syrgkanis und Gehrke [42] betont; die Autoren heben besonders *envy-freeness* basierend auf der *algorithmischen Spieltheorie* als notwendige Eigenschaft eines optimalen Preismodells hervor. In einem Modell, welches diesen Anspruch erfüllt, fühlen sich alle Beteiligen, in diesem Fall Verkäufer, Betreiber und Käufer, fair behandelt und sind mit der Größe ihres Anteils der Einnahmen zufrieden. Des Weiteren fordern Miklau et al. [23], dass Preise auch subjektiv fair gestaltet werden müssen.

In den Preismodellen von Syrgkanis und Gehrke [42] und Miklau et al. [21] wird jeweils mit verdeckter, also nichtoffengelegter Preisfunktion gearbeitet. Grund dafür ist, dass Kunden bei einer offengelegten Preisfunktion, die auf der Datenbankinstanz basiert, allein durch das Erfragen des Preises einer Anfrage an Informationen über die Datenbank gelangen können.

Weiterhin lassen sich Preismodelle nach den Basiseinheiten der Daten unterscheiden; gängig sind einzelne Datentupel oder Views, wobei Tupel eine feinere Granularität als Views aufweisen. Aus diesem Grund wählen Tang et al. [46] Tupelgranulatität für ihr Preismodell und argumentieren in [43] gegen eine Verwendung von Views als Basiseinheit, was im Gegensatz zu den Modellen von Koutris et al. [17, 18] und Li und Miklau [21] steht. Sie begründen dies damit, dass eine Preisfindung für Basisviews, sofern ein View aus mehreren Tupeln unterschiedlicher Datenanbieter besteht, nochmals zusätzlich erschwert werden könnte. Unabhängig davon, ob ein Preismodell auf Tupeln oder Views basiert, fehlt meist eine Preisfunktion, die eine wertabhängige Preisbestimmung ermöglicht. Daraus ergibt sich, dass bisher in einfachen Modellen allen Basiseinheiten trotz unterschiedlichem Wert derselbe Preis zugeordnet wird [3].

Weiterhing lassen sich Preismodelle in *anfragebasierte* und *qualitätsbasierte* Preismodelle untergliedern. Bei ersteren werden die Preise für Daten anhand der getätigten Datenbankanfragen durch Konsumenten bestimmt. Dabei existieren verschiedene Methoden, den Preis für eine Antwort auf eine Anfrage zu berechnen; häufig berechnen Preisfunktionen den Preis von Daten basierend auf festen Beträgen je konsumierter Basisdateneinheit, also je Datentupel oder je View. Hierfür muss das Preismodell bestimmen können, aus welchen Basiseinheiten die Antwort auf eine Anfrage zusammengesetzt wurde. Balazinska et al. [3] schlagen dafür die Analyse der Datenherkunft vor. Dabei stellt allerdings die Effizienz des Modells bei wachsender Datengröße und daraus resultierendem wachsenden Analysenaufwand eine Herausforderung dar. Koutris et al. [18] stellen ein Preismodell vor, das den Preis einer Anfrage automatisch aus den Preisen der Views berechnet, die für die Beantwortung der Anfrage benötigt werden. Diese Basispreise werden a priori von Datenanbietern für eine Auswahl von Views festgelegt, wobei auf *arbitragefreie* Preissetzung geachtet werden muss.

Als weiteres Beispiel für ein Preismodell, welches auf der Herkunft von Datentupeln basiert, kann das Modell von Miklau et al. [21] für aggregierte Datenanfragen auf Datenmarktplätzen genannt werden. Dieses Rahmenwerk stellt eine Methode zur interaktiven Preisfindung von Daten vor, bei der die Preisfunktion nicht offengelegt wird. Wei-

terhin erfüllt das Modell die Anforderungen an *Arbitragefreiheit* und der *Freiheit von Bedauern* [21]. Syrgkanis et al. [42] entwerfen einen spieltheoretischen Ansatz, um die Preissetzung für die granularen Basisdateneinheiten wie Tupel oder Views in relationalen Datenbanken zu ermöglichen. Für dieses Modell, welches im Gegensatz zu vielen anderen Preisschemata durch einfache und intuitive Regeln bestimmt wird, vereinen Syrgkanis et al. [42] das anfragebasierte Preisfindungsmodell von Balanzinska et al. [17] mit einem Ansatz aus Cai et al. [4], welcher das Design optimaler Mechanismen fokussiert. Ebenso beruhen die drei Preisschemata von Lin und Kifer [23] auf Datentupeln. Tang et al. [46] entwickeln eine Preismethode, die auf der minimalen Datenherkunft von Tupeln basiert. Dabei wird berücksichtigt, dass ein Tupel mehrfach in eine Antwort eingehen kann, der Preis pro Datensatz jedoch nur einmal berechnet wird.

Die qualitätsbasierten Preismodelle verfolgen in vielen Punkten ähnliche Strategien wie die anfragebasierten Modelle. Jedoch wird bei diesen ein großer Schwerpunkt auf die Berücksichtigung und den Einfluss der Datenqualität auf den Preis gelegt. Hierbei werden Datensätze in verschiedenen Versionen mit unterschiedlicher Qualität zu entsprechend unterschiedlichen Preisen verkauft. Tang et al. [43–45] entwickeln ein derartiges Preismodell. In ihren Arbeiten wird die Vollständigkeit von XML-Dokumenten sowie Genauigkeit von relationalen Daten als Qualitäts- und Rabattkriterium betrachtet [44, 45]. In beiden Fälllen wird der Ansatz *Name Your Own Price* bzw. *What You Pay Is What You Get* gewählt, bei denen der Kunde seine konkrete Zahlungsbereitschaft angibt und ein Produkt erhält, welches eine dem investierten Budget entsprechende Qualität aufweist [44, 45].

Im Gegensatz hierzu führen Stahl [36] und Stahl und Vossen [40, 41] die Versionierung von Produkten anhand von mehreren Qualitätskriterien als Möglichkeit auf, um jede auftretende Zahlungsbereitschaft auf Kundenseite bedienen zu können. Sie analysieren, wie sich Preise anhand von Kundenpräferenzen unter Berücksichtigung mehrerer Qualitätskriterien gestalten lassen [40]. Als Qualitätsmerkmale für Daten wählt [36] die inhaltlichen, technischen, intellektuellen und instanzbezogenen Qualitätskriterien nach Naumann [29]. Grundsätzlich setzen die Autoren auf Views als Basiseinheiten für Daten und nutzen den Ansatz *Name Your Own Price* [36]. In diesem Modell wird für einen View ein hoher Preis festgelegt und der Kunde soll seine eigene Zahlungsbereitschaft für die gewünschten Daten angeben. Liegt der vom Kunden angegebene Preis über einem (geheimen) Grenzpreis, erhält der Kunde das Produkt in voller Qualität. Für den Fall, dass der gebotene Preis geringer als der Grenzpreis ist, wird dem Kunden ein qualitativ angepasstes Produkt zugestellt [36].

Eine weitere Herausforderung stellt die Preisfindung für konkurrierende Daten dar, also gleiche Daten, die von unterschiedlichen Anbietern bereitgestellt werden, wobei sich mögliche Unterschiede bezüglich Genauigkeit oder Vollständigkeit auffinden lassen [2]. Lösungsansätze für diese Schwierigkeit werden von einigen Forschungsgruppen aufgegriffen [11, 36, 41]. So berücksichtigen Kushal et al. [19] beispielsweise die Anzahl der Wettbewerber, die gleiche Datensätze anbieten, sowie die Preise für eben diese Daten. Alternativ bietet sich auch hier eine qualitätsbasierte Preisfindung an, um unterschiedliche Anbieter zu vergleichen. Anhand der Qualitätsdimensionen und den eigenen Präferenzen ermöglicht das Preismodell von Stahl [36] dem Kunden, sich einen passenden Anbieter auszusuchen. Auch Heckmann et al. [11] erarbeiten anhand von Qualitätskriterien eine Lösung für Datenkäufer, um Vergleiche zwischen Datenanbietern vorzunehmen. Darüber hinaus gestaltet sich die Preisfindung für integrierte Daten, die von mehreren Datenanbietern oder Anbietern von datennahen Dienstleistungen bearbeitet wurden, ebenfalls schwierig, denn es muss analysiert werden, welche Bearbeitung der Daten welchen Wert beigesteuert hat [2].

Forschungsaktivitäten

Aufbauend auf dem gerade gegebenen Überblick werden in diesem Abschnitt die vertretenen Forschungsgruppen selbst sowie ihre Forschungsschwerpunkte zusammenfassend vorgestellt. Bei separater Betrachtung der Forschungsfelder wird ersichtlich, dass die Thematik *Daten als Gut* von den meisten Gruppen mindestens im Ansatz bearbeitet wird [48]. Golrezaei und Nazerzadeh [10] zeigen in ihrer Arbeit, dass Rohdaten hochwertiger und teurer sein können als verarbeitete Daten. Im Gegensatz dazu gehen Vomfell et al. [48] davon aus, dass Rohdaten weniger wert und daher günstiger sind. Balazinska et al. [3] differenzieren in ihren Modellen

nicht zwischen Rohdaten und verarbeiteten Daten. Cao et al. [5] greifen das Thema lediglich auf, um auf die Notwendigkeit und den Nutzen von Echtzeitdaten, die auf dem in Cao et al. [5] vorgestellten Datenmarktplatz gehandelt werden, hinzuweisen.

Das Forschungsfeld *Wert und Qualtität von Daten* wird von den genannten Gruppen unterschiedlich intensiv bearbeitet. Heckman et al. [11] analysieren die Abhängigkeit des *Wertes von Daten* von einer Anzahl von Variablen, wie wert- und qualitätsbasierte Parameter. Balazinska et al. [3] identifizieren die Frage, wie der *Wert von Daten* bestimmt werden kann, wenn diese modifiziert, integriert oder anderweitig bearbeitet wurden. Auf diese Fragestellung gehen auch Stahl et al. [37] ein, entwickelt ein Qualitätsbewertungsmodell für Daten und erarbeitet die Einflussfaktoren der Daten auf den Preis. Insgesamt berücksichtigen diese eine breite Auswahl an Qualitätskriterien [41]. Ebenso plädieren Wang und Strong [49] dafür, alle wichtigen Aspekte der Datenqualität aus Sicht der Konsumenten zu berücksichtigen. Im Gegensatz dazu fokussiert sich die Gruppe um Golrezaei lediglich auf die Attribute Genauigkeit und Zuverlässigkeit, um die Qualität der Verkehrsdaten auf ihrem Datenmarktplatz zu bestimmen [10]. Tang et al. [44] konzentrieren sich lediglich auf die Genauigkeit beziehungsweise auf die Vollständigkeit von Daten für die Bestimmung des Wertes.

Eine Übersicht der wichtigsten existierenden Datenmarktplätze gibt Dumbill [8]. Auch andere Gruppen behandelen kontextbezogen einzelne Klassen von Datenmarktplätzen, wie beispielsweise *private Datenmarktplätze* oder *Schwarzmärkte*. Die *konzeptionelle Betrachtung von Datenmarktplätzen* wird in Muschalle et al. [28] priorisiert; die Autoren definieren Datenmarktplätze aus ökonomischer Sicht, beschreiben den zugrundeliegenden Marktmechanismus sowie die entsprechenden Akteure und gehen auf mögliche Marktstrukturen ein. Die Gruppe um Kanza [15] behandelt lediglich das Konzept und den Aufbau ihres fiktiven geosozialen Datenmarktplatzes und beschäftigen sich nicht mit einer allgemeinen Betrachtung von Datenmarktplätzen. Golrezaei und Nazerzadeh [10] erarbeiten Marktmodelle für die verschiedene Marktstrukturen.

Das Forschungsfeld der *allgemeinen Preisfindung* unterteilt sich in *Anforderungen an* und *Herausforderungen der Preisfindung*, *anfragebasierte* und *qualitätsbasierte Preismodelle*. Balazinska et al. [3] begründen 2011 die Notwendigkeit für neue Preismodelle anhand der Mängel an existierenden Modellen. Sie fordern *arbitragefreie*, konsistente Preismodelle, welche in der Lage sein sollten, Preise für Updates und integrierte Daten zu ermitteln. Die Arbeitsgruppe Tang ergänzt diese Ansprüche um feste Preisgrenzen und eine monotone Preisfunktion [43]. Lediglich bei Rabatten vertreten Balazinska und Tang verschiedene Standpunkte: Tang entwickelt ein qualitätsbasiertes Preismodell mit Rabatten, wohingegen Balazinska den Anspruch von Rabattfreiheit verfolgt. Eine Auswahlhilfe für Preismodelle für Datenmarktplatzbetreiber wird von Stahl et al. [37] entwickelt. Weitere Anforderungen an Preismodelle, wie beispielsweise das Prinzip der *Freiheit von Bedauern* oder die Geheimhaltung der Preisfunktion, werden von den Gruppen um Miklau und Kifer hinzugefügt. Golrezaei und Nazerzadeh [10] untersuchen im Hinblick auf die von ihnen entwickelten Modelle für Datenmarktplätze passende Preismodelle für die entsprechenden Märkte (Monopol, Duopol, gemischter Duopol). Die Gruppe Heckman entwickelt ein Modell, welches den Wert und damit einen theoretischen Preis für Daten anhand von Kostenparametern in Kombination mit Qualitätsmerkmalen ermittelt [11].

Anfragebasierte Preismodelle werden vorwiegend von den Gruppen Balazinska, Tang, Miklau, Kifer, Syrkanis, Kushal und Li bearbeitet. *Qualitätsbasierte Preismodelle* werden, wie bereits erwähnt, allein von Tang et al. [44] und Stahl [36] untersucht. Der prägnanteste Unterschied dieser Modelle findet sich in der Anzahl der hinzugezogenen Qualitätsmerkmale (eines vs. mehrere).

Zur Visualisierung der beschriebenen Zusammenhänge zeigt Abb. 2 eine detaillierte Mindmap, aus der Verknüpfungen zwischen Themen hervorgehen, aneinander grenzende Forschungsfelder aufgezeigt und bisher wenig erforschte Felder identifiziert werden können. Die Pfade zwischen den Themenblöcken visualisieren die Arbeit der Forschungsgruppen im jeweiligen Themenbereich. Die Forschungsrichtungen der Hauptforschungsgruppen (Vossen, Balazinska, Tang, Miklau, Kifer, Spiekermann) werden in der Mindmap durch Pfade dargestellt; ein weiterer Pfad zeigt, dass weitere Gruppen in diesen Bereichen aktiv sind.

Des Weiteren ist der Abbildung zu entnehmen, dass Forschung innerhalb aller vier vorgestellten

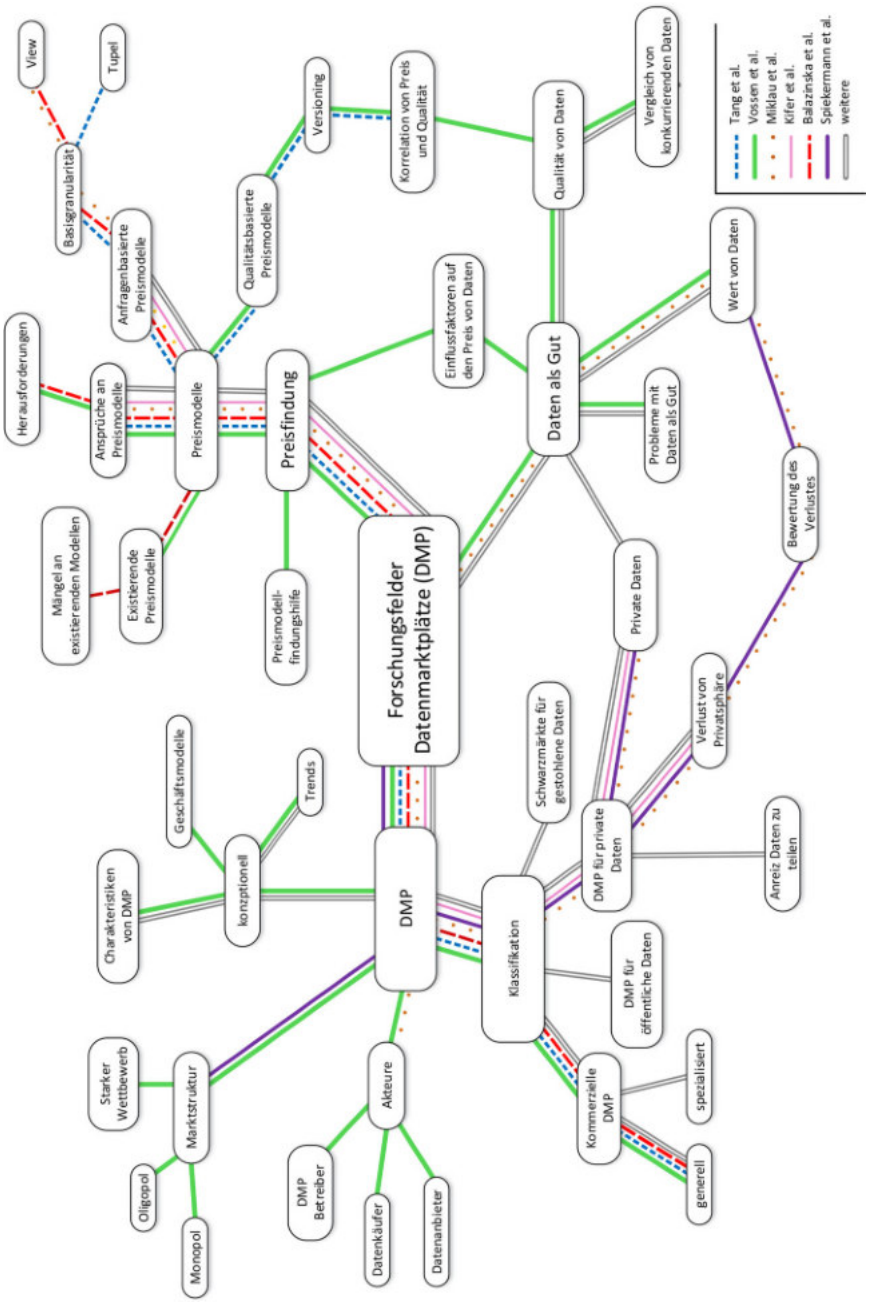


Abb. 2 Mindmap der Forschungsrichtungen

Klassen von Datenmarktplätzen (kommerzielle, für private Daten, öffentliche und Schwarzmärkte) betrieben wird. Stahl und Vossen [41] beschäftigen sich überwiegend mit der Preisfindung auf kommerziellen Datenmarktplätzen. Auch Balazinska et al. [3] analysieren Preisstrategien und offene Herausforderungen bei Datenmarktplätzen im Hinblick auf allgemeine kommerzielle Datenmarktplätze. Ebenso entwickeln Tang et al. [43–45] Preisstrategien für geschäftliche Datenmarktplätze. Weitere Forschungsarbeiten, die Aspekte von Datenmarktplätzen aufgreifen [26, 47] oder die Preisfindung auf Datenmarktplätzen untersuchen [11, 22, 42], nehmen Bezug auf kommerzielle Datenmarktplätze. Forschung im Bereich der Datenmarktplätze für private Daten wird vor allem von den Forschungsgruppen Spiekermann, Miklau, Kifer, McSherry und einigen weiteren untersucht [1, 7, 9, 25].

Öffentliche Datenmarktplätze bieten ein breites Forschungsfeld für unterschiedliche Disziplinen. Neben Forschungsgruppen aus dem Bereich der Informations- und Datenbankforschung sind auch Forschungsarbeiten aus den Politikwissenschaften zu diesem Themenfeld zu finden [31]. Im Bereich des Datenhandels auf Schwarzmärkten forscht überwiegend die Forschungsgruppe Holt et al. [12–14]. Daneben bearbeiten weitere Forschungsgruppen dieses Thema. So wird die Selbstregulation des illegalen Schwarzmarkts für Identitäten [50] oder die Reputation von kriminellen Datenanbietern analysiert [6].

Die Mindmap zeigt darüber hinaus die thematischen Verbindungen zwischen den Forschungsgebieten auf. So sind die Themen *Preisfindung* und die Forschung an *Daten als Gut* durch die Einflussfaktoren auf den *Preis von Daten* verbunden. Ebenso zeigt sich der enge Zusammenhang zwischen der Erforschung der *Qualität von Daten* und der Entwicklung *qualitätsbasierter Preismodelle*. Auch das Feld der *privaten Daten* ist im Kontext von Datenmarktplätzen für persönliche Daten mit dem allgemeinen *Wert von Daten* verbunden. Insgesamt veranschaulicht die Mindmap, dass die Themenfelder oftmals eng zusammenhängen und ein komplexes Netz ergeben. So beeinflusst die Entwicklung von Preismodellen, die auch Preisschemen für private Daten ermöglichen, das Thema des Privatsphäreverlustes und umgekehrt. Ebenso grenzt die Frage, worin der Anreiz für Personen besteht, ihre privaten Daten zu verkaufen, an die genannten Forschungsfelder. Dabei treffen die wirtschaftlichen und die technischen Perspektiven auf Fragestellungen, deren Erforschung auch ethische und rechtliche Aspekte berücksichtigen muss. Solche Randgebiete bieten interessante Kooperationsmöglichkeiten.

Des Weiteren werden die zentralen Forschungsrichtungen innerhalb des jeweiligen Themenfeldes anhand der Mindmap offensichtlich. Das Themenfeld der *Preisfindung* wird beispielsweise von vielen Gruppen bearbeitet, wogegen das *konzeptionelle Umfeld von Datenmarktplätzen* kaum berücksichtigt wird. Die überwiegende Konzentration einiger Forschungsdisziplinen auf die *Preisfindung* führt zum einen zu einer differenzierten und sehr breiten Entwicklung von Preismodellen, zum anderen unterscheiden sich die einzelnen Preismodelle untereinander oft nur in wenigen Details. Die Forschung in breiteren Themenbereichen, wie beispielsweise den *Einflussfaktoren von Daten auf den Preis* wird von den Gruppen um Miklau und Vossen durchgeführt. Damit schaffen sie einen besseren Überblick über Zusammenhänge und mögliche Beeinflussungen der Bereiche untereinander [37]. Dies zeigt, dass die Bearbeitung und Kombination von Themenfeldern, die in der Mindmap nebeneinander liegen oder verbunden sind, neue Sichtweisen hervorbringen kann.

Schlussbetrachtung und Ausblick

In dieser Arbeit wurde gezeigt, dass sich der Themenkomplex Datenmarktplätze in drei Unterthemen gliedern lässt, welche in Abschnitt „Forschungsfelder“ ausführlich behandelt wurden. Der erste Themenbereich umfasst alle Forschungen zu Daten und deren Eigenschaft als Informationsgut. Dabei bietet diese Forschung eine wichtige Grundlage für die Erforschung der anderen Themenfelder, wie beispielsweise die Entwicklung von Preismodellen für Datenmarktplätze. Die konzeptionelle Betrachtung von Datenmarktplätzen, unter anderem die Marktsituation und mögliche Geschäftsmodelle, sowie eine Klassifizierung von Datenmarktplätzen bilden den zweiten Themenbereich. Das dritte Feld beschäftigt sich mit der Preisfindung und Entwicklung von Preismodellen für Datenmarktplätze. Hier werden Ansprüche an Preismodelle untersucht und bei der Entwicklung von Preismodellen umgesetzt. Dabei wird zwischen anfragebasierten und qualitätsbasierten Preismodellen unterschieden. Des Weiteren werden Herausforderungen und Mängel der existierenden Preismodelle betrachtet.

Die Mindmap in Abb. 2 visualisiert die aktuelle Forschungsarbeit und die Forschungsrichtungen der verschiedenen Forschungsdisziplinen. Sie bietet darüber hinaus die Möglichkeit, zukünftige gewinnbringende Kooperationen zwischen den Gruppen und neue Themenfelder zu identifizieren. Die Mindmap spiegelt wider, dass es sich bei der *Preisfindung* und der Untersuchung von *Daten*, insbesondere von *privaten Daten*, um die hauptsächlichen Forschungsschwerpunkte der verschiedenen Gruppen handelt. Zudem wurde festgestellt, dass die Themenfelder der *konzeptionellen Betrachtung von Datenmarktplätzen* und der *Datenqualität* bisher von weniger Gruppen bearbeitet wurden. Die Zusammenarbeit verschiedener Gruppen und Forschungsdisziplinen könnte die Möglichkeit bieten, neue Forschungsfelder zu

identifizieren und qualitativ neue Erkenntnisse und Ansätze zu gewinnen.

Die Thematik Datenmarktplätze umfasst ein breites Spektrum an Forschungsrichtungen, welche in dieser Arbeit identifiziert und untersucht wurden. Ein Großteil der betrachteten Arbeiten wurden im Zeitraum von 2013–2016 veröffentlicht. Es handelt sich bei der Datenmarktforschung also um eine vergleichsweise junge Richtung, die sich parallel zu den technologischen Entwicklungen in den nächsten Jahren rasant weiterentwickeln wird. Je mehr Datenmarktplätze sich auf dem realen Markt etablieren und je mehr Unternehmen diesen Service nutzen, desto größer wird das Interesse an diesem Forschungsgebiet werden. Einige Herausforderungen, vor allem im Bereich der *Preisfindung*, bieten vielfältige Möglichkeiten für neue Forschungsrichtungen. So stellen besonders die Zusammenhänge zwischen den Randgebieten der *Preisfindung*, der Forschung an *privaten Daten* und der Untersuchungen von *Daten als Gut* interessante offene Forschungsfelder dar.

Literatur

1. Alt R, Militzer-Horstmann C, Zimmermann H (2015) Electronic markets and privacy. Electron Markets 25(2):87–90
2. Balazinska M, Howe B, Koutris P, Suciu D, Upadhyaya P (2013) A discussion on pricing relational data. In: Search of Elegance in the Theory and Practice of Computation: Essays Dedicated to Peter Buneman
3. Balazinska M, Howe B, Suciu D (2011) Data markets in the cloud: an opportunity for the database community. PVLDB 4(12):1482–1485
4. Cai Y, Daskalakis C, Weinberg SM (2012) Optimal multi-dimensional mechanism design: Reducing revenue to welfare maximization. CoRR, abs/1207.5518
5. Cao T, Pham T, Vu Q, Truong H, Le D, Dustdar S (2016) Marsa: A marketplace for realtime human-sensing data. Trans Internet Technol
6. Décary-Hétu D, Dupont B (2013) Reputation in a dark network of online criminals. Global Crime 14(2–3):175–196
7. Dwork C, McSherry F, Nissim K, Smith AD (2006) Calibrating noise to sensitivity in private data analysis. TCC 3876:265–284
8. Dumbill E (2012) Idata Markets Compared. http://radar.oreilly.com/2012/03/data-markets-survey.html, last access: 17.5.2016
9. Gkatzelis V, Aperjis C, Huberman BA (2015) Pricing private data. Electron Markets 25(2):109–123
10. Golrezaei N, Nazerzadeh H (2014) Pricing schemes for metropolitan traffic data markets. In: DATA. SciTePress, pp 266–271
11. Heckman J, Boehmer E, Peters E, Davaloo M, Kurup G (2015) A Pricing Model for Data Markets
12. Holt TJ (2013) Exploring the social organisation and structure of stolen data markets. Global Crime 14(2–3):155–174
13. Holt TJ, Lampke E (2010) Exploring stolen data markets online: products and market forces. Crim Just Stud 23(1):33–50
14. Hutchings A, Holt TJ (2015) A crime script analysis of the online stolen data market. Brit J Criminol 55(3):596–614
15. Kanza Y, Samet H (2015) An online marketplace for geosocial data. In: SIGSPATIAL/GIS. ACM
16. Kitchenham B (2007) Guidelines for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering, ver. 2.3. Technical report, vol EBSE technical report, Keele University and University of Durham, UK
17. Koutris P, Upadhyaya P, Balazinska M, Howe B, Suciu D (2013) Toward Practical Query Pricing with Querymarket. In: Proceedings of the 2013 ACM SIGMOD. ACM, pp 613–624
18. Koutris P, Upadhyaya P, Balazinska M, Howe B, Suciu D (2015) Query-based data pricing. J ACM 62(5):43
19. Kushal A, Moorthy S, Kumar V (2011) Pricing for Data Markets
20. Li C, Li DY, Miklau G, Suciu D (2014) A theory of pricing private data. ACM Trans Database Syst 39(4):34.1–34.28
21. Li C, Miklau G (2012) Pricing Aggregate Queries in a Data Marketplace. In: WebDB, pp 19–24
22. Li Y, Lo E, Yiu ML, Xu W (2015) Query Optimization Over Cloud Data Market. In: EDBT, pp 229–240. OpenProceedings.org
23. Lin B, Kifer D (2014) On arbitrage-free pricing for general data queries. PVLDB 7(9):757–768
24. Linde F (2009) Ökonomische Besonderheiten von Informationsgütern. Wissens- und Informationsmanagement: Strategien, Organisation und Prozesse, S 291–320
25. Malik AK, Dustdar S (2011) Enhanced Sharing and Privacy in Distributed Information Sharing Environments. In: IAS, IEEE, pp 286–291
26. Maruyama H, Okanohara D, Hido S (2013) Data Marketplace for Efficient Data Placement. In: 2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining Workshops, pp 702–705
27. Miller P (2012) Nurturing the Market for Data Markets. http://cloudofdata.com/2012/01/nurturing-the-market-for-data-markets/, last access: 18.5.2016
28. Muschalle A, Stahl F, Löser A, Vossen G (2013) Pricing Approaches for Data Markets. In: Enabling Real-Time Business Intelligence: 6th International Workshop
29. Naumann F (2002) Quality-driven Query Answering for Integrated Information Systems. Springer-Verlag
30. Peissl JW (2010) Datenhandel – ein Geschäft wie jedes andere?, letzter Zugriff: 15.5.2016
31. Peled A (2002) Erecting the Public Information Marketplace. In: MCIS, AISeL, p 67
32. Schomm F, Stahl F, Vossen G (2013) Marketplaces for data: an initial survey. ACM SIGMOD Record 42(1):15–26
33. Shapiro C, Varian HR (1998) Information Rules: a Strategic Guide to the Network Economy. Harvard Business School Press
34. Spiekermann S, Novotny A (2015) A vision for global privacy bridges: Technical and legal measures for international data markets. Comput Law Secur Rev 31(2): 181–200
35. Stahl F (2013) High quality information provisioning and data pricing. In: ICDE Workshops, IEEE Computer Society, pp 290–293
36. Stahl F (2015) High-Quality Web Information Provisioning and Quality-Based Data Pricing. PhD thesis, Westfälische Wilhelms-Universität Münster
37. Stahl F, Löser A, Vossen G (2015) Preismodelle für Datenmarktplätze. Informatik-Spektrum 38(2):133–141
38. Stahl F, Schomm F, Vomfell L, Vossen G (2015) Marketplaces for Digital Data: Quo Vadis?, Technical Report 24
39. Stahl F, Schomm F, Vossen G (2014) The Data Marketplace Survey Revisited. In: Proceedings of the 11th Baltic DB & ISSpr, Tallinn University of Technology Press, pp 135–146
40. Stahl F, Vossen G (2015) Data Quality Adjustments for Pricing on Data Marketplaces. In: LWA, vol 1458 of CEUR Workshop Proceedings, CEUR-WS.org, pp 419–421
41. Stahl F, Vossen G (2016) Data Quality Scores for Pricing on Data Marketplaces. In: Intelligent Information and Database Systems, vol 9621 of Lecture Notes in Artificial Intelligence, Springer, pp 215–224
42. Syrgkanis V, Gehrke J (2015) Pricing Queries Approximately Optimally. CoRR, abs/1508.05347
43. Tang R (2014) On the Quality and Price of Data. PhD thesis, National University of Singapore
44. Tang R, Amarilli A, Senellart P, Bressan S (2014) Get a Sample for a Discount. In: DEXA 2014, Munich, Germany, 1–4 September 2014. Proceedings, Part I, pp 20–34
45. Tang R, Shao D, Bressan S, Valduriez P (2013) What You Pay For Is What You Get. In: DEXA 2013, Prague, Czech Republic, 26–29 August 2013. Proceedings, Part II, pp 395–409
46. Tang R, Wu H, Bao Z, Bressan S, Valduriez P (2013) The Price Is Right. In: DEXA 2013, Prague, Czech Republic, 26–29 August 2013. Proceedings, Part II, pp 380–394
47. Truong H, Comerio M, Paoli F, Gangadharan GR, Dustdar S (2012) Data contracts for cloud-based data marketplaces. IJCSE 7(4):280–295
48. Vomfell L, Stahl F, Schomm F, Vossen G (2015) A Classification Framework for Data Marketplaces. Technical Report 23
49. Wang RY, Strong DM (1996) Beyond accuracy: what data quality means to data consumers. J Manage Inform Syst 12(4):5–34
50. Wehinger F (2011) The Dark Net: Self-Regulation Dynamics of Illegal Online Markets for Identities and Related Services. In: European Intelligence and Security Informatics Conference (EISIC), 2011, pp 209–213

Anforderungsmanagement in großen IT-Projekten

Kai Engel · Bernhard Fechner
Alicja Berthold-Kraiczy
Andreas Homrighausen · Ruth Dillhage

Einleitung

Das Ermitteln von Anforderungen ist eine höchst anspruchsvolle Aufgabe, die gerne unterschätzt wird. Ein unstrukturiertes Extrahieren der Anforderungen birgt die Gefahr, sie nicht hinreichend präzise zu beschreiben und mitunter sogar einige Punkte schlicht zu übersehen. Insbesondere ist es bei großen IT-Projekten nicht möglich, Anforderungen ohne Qualitätseinbußen „einfach herunterzuschreiben". Die Verwendung von Prozessmodellen und Anwendungsfällen kann Abhilfe schaffen; allerdings sind solche Werkzeuge und Methoden aus dem Bereich *Requirements Engineering* kein Allheilmittel. Der Einsatz bedarf vielmehr umfangreicher Expertise im Umgang damit.

Die zur Realisierung einer Software notwendigen Entwicklungsaktivitäten werden gemäß eines *Vorgehensmodells* [5] in zeitlicher Reihenfolge zueinander angeordnet. Bei manchen Vorgehensmodellen wie dem *Wasserfallmodell* oder dem *V-Modell* bzw. dem *V-Modell XT* erfolgt zunächst eine vollumfängliche Anforderungsermittlung, bevor sich u. a. die Phasen „Entwurf" und „Realisierung" anschließen. Im Gegensatz dazu findet die Anforderungsermittlung beispielsweise beim *eXtreme Programming* kontinuierlich während des gesamten Entwicklungsprozesses der Software statt [6]. Im Folgenden gehen wir davon aus, dass die Anforderungsermittlung in einer eigenen Phase zu Beginn erfolgt (wobei Rücksprünge dorthin aus späteren Phasen nicht ausgeschlossen sind).

Die Anforderungsermittlung sollte prinzipiell unabhängig von technischen Aspekten der Realisierung (z. B. Standard-Software oder Individualentwicklung) erfolgen. Der für die Anforderungsermittlung benötigte Aufwand ist abhängig vom konkreten Projekt. Im Jahr 1981 wurde davon ausgegangen, dass bei größeren IT-Projekten ca. 6 % der Gesamtkosten und mehr als 10 % der Projektdauer für diese Phase aufgewendet werden (vgl. [1, 2]). Spätere Studien (wie die in [3] angesprochene) haben deutlich höhere Werte ergeben – demnach erfordern die Tätigkeiten des Requirements Engineering rund 39 % der gesamten Projektdauer. Die Anforderungsermittlung sollte nicht zu früh beendet werden, nur um Zeit oder Ressourcen in dieser Phase zu sparen, da die Kosten für die Behebung von Fehlern umso größer sind, je später ein Fehler entdeckt bzw. behoben wird. Man geht davon aus, dass ein Anforderungsfehler, der beim Programmieren gefunden wird, 20-mal soviel Aufwand verursacht, als wenn man ihn bereits während der Anforderungsermittlung behoben hätte [6] – bei der Abnahme erhöht sich der Faktor sogar auf etwa 100 [2, 6].

Anforderungen und Anforderungsmanager

Bei der Anforderungsermittlung spielen funktionale Anforderungen eine zentrale Rolle. Von einer *funktionalen Anforderung* spricht man, wenn sich die Anforderung auf erwartete Funktionalitäten des zu entwickelnden Systems bezieht. Daneben sind auch *nichtfunktionale Anforderungen* von Bedeu-

DOI 10.1007/s00287-017-1047-0
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2017

Kai Engel · Bernhard Fechner · Alicja Berthold-Kraiczy
Andreas Homrighausen · Ruth Dillhage
FernUniversität in Hagen, Zentrum für Medien und IT (ZMI), Abteilung FeU-Softwaretechnik, Hagen
E-Mail: {kai.engel, bernhard.fechner, alicja.berthold-kraiczy, andreas.homrighausen, ruth.dillhage}@fernuni-hagen.de

Zusammenfassung
Nicht wenige IT-Projekte scheitern daran, dass Anforderungen zu unpräzise festgehalten oder gar nicht erst wahrgenommen worden sind. Eine adäquate und genaue Aufnahme der Anforderungen ist jedoch aus ganz unterschiedlichen Gründen alles andere als trivial. Im Folgenden gehen wir auf diese Problematik ein und präsentieren ein in der Praxis bewährtes Vorgehen zur Vermeidung typischer Risiken.

tung. Zu ihnen zählen technische Anforderungen (z. B. Performanz, Lastverhalten) sowie Qualitätsanforderungen (z. B. Zuverlässigkeit, Wartbarkeit). Nichtfunktionale Anforderungen lassen sich gut durch deklarative Auflistung des Geforderten erfassen; sie sind in der Form sowohl für den fachlich betroffenen Bereich als auch für den Implementierer gut verständlich. Anders verhält es sich hingegen mit funktionalen Anforderungen: Ein unstrukturiertes Auflisten dieser Anforderungen kann höchstens bei vergleichsweise kleinen Projekten erfolgversprechend sein. In umfangreichen Projekten hat sich das Werkzeug der *Anwendungsfälle* (vgl. [4]), kurz *AWF*, zur Erfassung funktionaler Anforderungen etabliert. Allerdings dürfen Anwendungsfälle nicht für sich alleine stehen; sie müssen passend in ein zugehöriges Prozessmodell integriert werden, so dass keine inhaltliche Lücke zwischen eher allgemeingehaltenen Prozessbeschreibungen und detaillierten funktionalen Anforderungen entsteht. Nachfolgend werden wir eine in der Praxis bewährte, auf Prozessen und Anwendungsfällen basierende Methodik für das Anforderungsmanagement vorstellen, die neben der reinen Erfassung der Anforderungen auch eine systematische Qualitätssicherung ermöglicht.

Die Ermittlung der Anforderungen sollte von einem professionellen *Anforderungsmanager* durchgeführt werden, der idealerweise keine „fachliche" Rolle innehat, sondern als Bindeglied zwischen allen Projektbeteiligten fungiert. Er bringt die Anforderungen in Workshops, die zusammen mit den anderen Projektmitgliedern als Träger des fachlichen Wissens stattfinden, in Erfahrung und verwaltet sie in geeigneter Weise. Dadurch muss er beispielsweise sowohl über gute kommunikative Fähigkeiten verfügen, als auch erfahren sein in der Auswahl und Nutzung adäquater Notationsformen wie der UML oder der BPMN. Bei der Planung der Workshops sollte darauf geachtet werden, dass nur Personen daran teilnehmen, die mit der Aufnahme der Anforderungen betraut sind oder die fachliches Wissen beisteuern. Alle anderen Personen belasten die Aufnahme der Anforderungen oft erheblich.

Ein Anforderungsmanager ist dafür zuständig, Anforderungen möglichst vollständig, korrekt und eindeutig (d. h. unmissverständlich) aufzunehmen, da er um die Folgen einer unvollständigen bzw. unpräzisen Anforderungsbeschreibung weiß. Eine solche Aufnahme ist aufwendig und nur dann möglich, wenn der Auftraggeber sich über die Komplexität der Aufgabe im Klaren ist und eine präzise Aufnahme der Anforderungen nach den Regeln des Requirements Engineering von Anfang an unterstützt. Zu oft werden komplexe Sachverhalte aus Zeitgründen ungenügend erläutert oder fehlende Entscheidungen in der Hoffnung verschwiegen, dass die kommende Software schon eine Lösung bringen wird. Bleibt diese Hoffnung unerfüllt, ist der dann entstehende Aufwand um ein Vielfaches größer.

Zu erstellende Dokumente

Nicht alle Anforderungen lassen sich auf die gleiche Weise erfassen – eine Strukturierung der Anforderungen ist für eine gute Anforderungsspezifikation unabdingbar. In den vergangenen Dekaden entstanden unterschiedliche Notationsformen mit jeweils speziellen Stärken – allein die Modellierungssprache UML 2.0 umfasst 14 Diagrammtypen. Einige von ihnen beschreiben die Struktur des zu erstellenden Systems, andere hingegen fokussieren auf Aspekte der Funktion oder des Verhaltens. Eine Anforderungsspezifikation sollte mindestens Struktur- und Verhaltensbeschreibungen enthalten.

Es wird empfohlen, die folgenden, einander ergänzenden Dokumente zu erstellen, die erst zusammen in Form einer *Anforderungsspezifikation* das zu erstellende System vollständig beschreiben:

- Prozessmodell (inklusive textueller Prozessbeschreibungen)
- textuelle Anwendungsfallbeschreibungen
- für jeden komplexen Anwendungsfall ggf. ein Ablaufdiagramm
- Glossar
- allgemeine und ergänzende (funktionale) Anforderungen

– nichtfunktionale Anforderungen
– Domänenklassenmodell
– ggf. Zustandsdiagramme

Die Erstellung der einzelnen Dokumente für die Anforderungsspezifikation obliegt dem Anforderungsmanager. Die *Prozess-* und *AWF-Beschreibungen* geben das Verhalten des Systems wieder, das *Klassenmodell* die Struktur. Jeder Prozess setzt sich wieder aus (Teil-)Prozessen oder Anwendungsfällen zusammen; für jeden (Teil-)Prozess ist eine separate Prozessbeschreibung zu erstellen. Das *Glossar* dient der Definition wichtiger Begriffe und Objekte, die außerhalb des Projekts nicht oder nur in anderer Bedeutung verwendet werden. Zusätzlich können dort auch *allgemeine Anforderungen*, die ein im Glossar definiertes Objekt betreffen, beschrieben werden, um diese Anforderung nur an einer einzigen Stelle zu nennen und damit Redundanz zu vermeiden. *Ergänzende funktionale Anforderungen*, die sich nur auf einen einzelnen Anwendungsfall beziehen, ohne dass sie sich aber in eine Ablaufbeschreibung integrieren lassen, können in der textuellen AWF-Beschreibung separat angegeben werden. *Ablaufdiagramme* sollten bei Anwendungsfällen verwendet werden, deren Ablaufvarianten in der textuellen Beschreibung aufgrund zahlreicher Fallunterscheidungen nicht auf den ersten Blick erkennbar sind; sie dienen der Veranschaulichung des Beschriebenen, unter anderem durch Abstrahieren von Details. *Zustandsdiagramme* werden benötigt, wenn für Objekte einer Klasse mehrere mögliche Zustandswerte existieren, deren Übergänge nicht offensichtlich sind. Im weiteren Verlauf dieses Artikels werden zentrale Elemente der Anforderungsspezifikation anhand eines Beispiels näher beleuchtet.

Textverarbeitungsprogramme eignen sich zur konsistenten Erstellung der einzelnen Dokumente nur sehr begrenzt. Stattdessen sollte man eine geeignete Requirements-Engineering-Software verwenden, die den Anforderungsmanager dabei unterstützt, die Beschreibungen in unterschiedlichen Dokumenten konsistent zu halten. Solche Werkzeuge ermöglichen ein deutlich einfacheres Pflegen von Anforderungen. Wird z. B. ein Glossar-Eintrag umbenannt, kann angezeigt werden, in welchen Dokumenten und an welchen Stellen eine entsprechende Anpassung notwendig ist – in manchen Fällen ist sogar eine automatische Umbenennung möglich. Mit ReqIF (Requirements Interchange Format) [7] existiert ein XML-Dateiformat, das einen Austausch der Anforderungen zwischen unterschiedlichen Software-Werkzeugen ermöglicht.

Anwendungsfall vs. Prozess

Obwohl die Begriffe „Prozess“ und „Anwendungsfall“ häufig synonym verwendet werden, beziehen sie sich doch auf gänzlich unterschiedliche Dinge. Prozesse beschreiben Abläufe auf einem höheren Abstraktionsgrad als Anwendungsfälle. Dabei fokussiert jeder Prozess auf logisch zusammenhängende Arbeitsschritte, die zum Erreichen eines *betrieblichen* Ziels erforderlich sind und die nicht zwangsläufig alle im Kontext des neuen Systems ausgeführt werden. Diese Schritte können von ganz unterschiedlichen Menschen sowie mit Hilfe anderer Systeme durchgeführt werden und zeitlich recht weit auseinander liegen. Prozesse sind oft hierarchisch aufgebaut, so dass sie wieder mehrere (Teil-)Prozesse enthalten können. Auf der untersten Ebene des Prozessmodells befinden sich stets Anwendungsfälle.

Im Gegensatz zu einem Prozess beschränkt sich ein Anwendungsfall (AWF) auf die Interaktion mit den neu zu entwickelnden Systemteilen. In Anwendungsfällen sollen nur Elemente bzw. Tätigkeiten aus dem Systemkontext (vgl. [6]) vorkommen, d. h. es werden ausschließlich Teile der Umgebung berücksichtigt, die einen Einfluss auf das System haben oder mit ihm interagieren. Ein Anwendungsfall gibt alle durchgängigen Handlungsfolgen an, die notwendig sind, um ein *fachliches* Ziel zu erreichen, d. h. er endet beim Wechsel der fachlichen Kompetenz oder wenn längere Zeit auf eine Reaktion gewartet werden muss. Meistens ist genau ein menschlicher Akteur involviert. Details zu systeminternen Realisierungen haben im AWF genauso wenig etwas verloren wie die Schilderung von Abläufen, die komplett außerhalb des Systems stattfinden. Die Menge aller so definierten Anwendungsfälle beschreibt die Grenze zwischen dem zu entwickelnden System und seiner Umgebung, die so genannte „Systemgrenze“ [9].

Ein Anwendungsfall befasst sich mit einer räumlich und zeitlich klar abgegrenzten Handlung, wie etwa dem Stellen einer Online-Anfrage durch einen Kunden. Soll hingegen spezifiziert werden, dass ein Kunde online eine Anfrage stellen kann, die

womöglich erst am kommenden Tag von einem zuständigen Sachbearbeiter beantwortet wird, der Kunde aber vor Erhalt der Antwort noch die Möglichkeit hat, seine Anfrage zurückzuziehen, dann handelt es sich um einen Prozess und nicht um einen Anwendungsfall. Dieser Prozess beinhaltet Anwendungsfälle, die hier z. B. „Anfrage stellen", „Anfrage zurückziehen" und „Anfrage beantworten" heißen können. Generell sollte man aussagekräftige Prozess- und AWF-Namen wählen, die mit einem Infinitiv enden.

Zentrale Schritte der Anforderungsermittlung

Die Anforderungsermittlung läuft in vier Schritten ab:

Der **erste Schritt** besteht aus der Erstellung des Prozessmodells bzw. – im Falle der Erweiterung eines bestehenden Systems – einer Eingliederung neu zu erstellender Anwendungsfälle in ein bestehendes Prozessmodell. Zur Erstellung des Prozessmodells gehören insbesondere das Identifizieren und Gruppieren von Anwendungsfällen (genauer: deren Namen).

Im **zweiten Schritt** werden die Anforderungen erfasst, wobei dem Füllen der bislang nur namentlich benannten Anwendungsfälle mit Inhalt eine besondere Bedeutung zukommt. Es werden – abgesehen vom Prozessmodell – alle Dokumente aus dem Abschnitt „Zu erstellende Dokumente" angefertigt.

Der Anforderungsmanager führt im **dritten Schritt** zusammen mit den fachlich zuständigen Personen eine lokale und globale Qualitätssicherung durch. Bei der *lokalen Qualitätssicherung* wird für jeden Anwendungsfall untersucht, ob er vollständig und in sich widerspruchsfrei ist. Ziel der *globalen Qualitätssicherung* ist u. a. die Analyse der erstellten Anwendungsfälle im Kontext des jeweiligen Prozesses, d. h. es wird untersucht, ob sie korrekt „zusammenspielen". Außerdem werden auch alle anderen festgehaltenen Anforderungen auf Konsistenz geprüft. Die globale Qualitätssicherung kann dazu führen, dass Teile des Prozessmodells überarbeitet werden müssen. Insbesondere können auf einzelnen Ebenen neue Prozesse entstehen, die wiederum neue Anwendungsfälle beinhalten. Das Aufdecken eines Defizits führt stets zu einer Überarbeitung der Anforderungen durch Rücksprung zu Schritt 2 (ggf. sogar zu Schritt 1), an die sich erneut die qualitätssichernden Maßnahmen anschließen.

Treten bei den qualitätssichernden Reviews keine Defizite zutage, erfolgt die Freigabe (**Schritt 4**). Bei Projekten, die eine öffentliche Ausschreibung auf Basis der ermittelten und freigegebenen Anforderungen vorsehen, schließt sich diese an.

Beispiel

Obgleich sich Techniken des *Software Engineering* erst bei größeren Projekten auszahlen, wollen wir an dieser Stelle die genannten Schritte anhand eines überschaubaren Beispiels veranschaulichen. Dieses befasst sich mit der Entwicklung einer Individualsoftware für eine Bücherei. Bei der Erstellung des Prozessmodells (**Schritt 1**) teilt das Büchereipersonal einen wesentlichen Unterschied zu anderen Bibliotheken mit: Kunden sollen nach einer daheim durchgeführten Literatursuche einzelne Medien systemgestützt zur Ausleihe reservieren können. Darunter ist zu verstehen, dass eben diese Medien von Mitarbeitern den Regalen entnommen und an der Ausleihtheke zur Abholung hinterlegt werden.

Der Ausschnitt eines Prozessmodells[1], das einen entsprechenden AWF „Literatur zur Ausleihe reservieren" beinhaltet, ist in Abb. 1 zu sehen. Darin sind Prozesse als Chevron-Pfeile dargestellt und Anwendungsfälle als Kästchen. Zum Prozess „Ausleihe durchführen" gehören mindestens die drei Anwendungsfälle „Medien entleihen", „Ausleihe verlängern" und „Medien zurückgeben". Die zugehörige Prozessbeschreibung könnte wie folgt aussehen:

Ein Kunde der Bücherei möchte an der Theke ein oder mehrere Medien entleihen, wobei er diese entweder aus einem Regal genommen oder zur Ausleihe reserviert hat. Das Personal verleiht die Medien an den Kunden [AWF „Medien entleihen"]. Die Leihfrist (von ihm) entliehener Medien kann durch den Kunden jederzeit verlängert werden, sofern das jeweilige Medium nicht vorgemerkt, die aktuelle Leihfrist nicht überschritten und die maximale Leihfristlänge nicht bereits mit der aktuellen Leihfrist ausgeschöpft ist [AWF „Ausleihe verlängern"]. Entliehene Medien können zurückgegeben werden [AWF „Medien zurückgeben"].

[1] Der Einfachheit halber sind hier bewusst gewisse Dinge wie das Anlegen und Administrieren der Nutzerkonten oder das Pflegen von Autorendaten und -zuordnungen ausgeblendet worden.

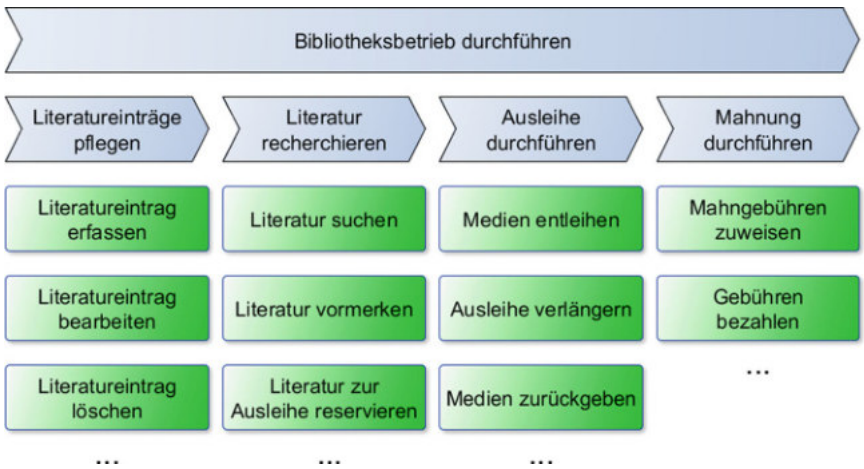


Abb. 1 Ausschnitt eines vereinfachten Prozessmodells zum Bibliotheksbetrieb

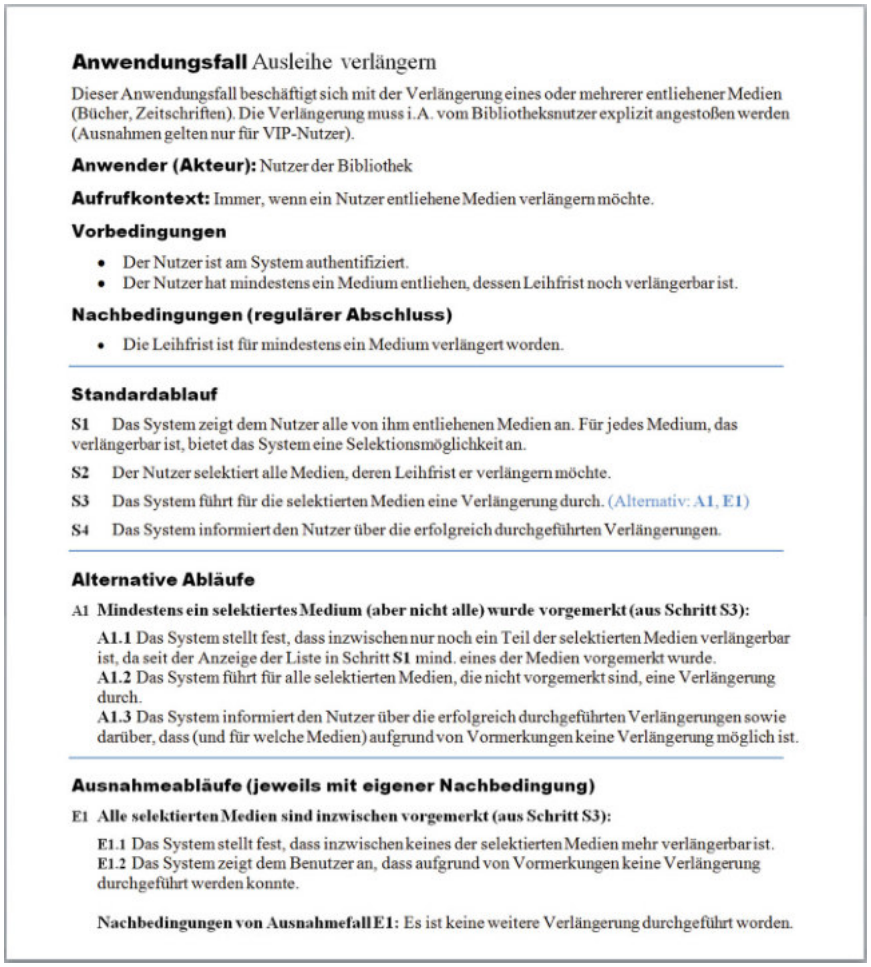
Das Erstellen der textuellen Anwendungsfallbeschreibungen erfolgt in **Schritt 2** durch den Anforderungsmanager, der die Gesamtheit aller Anforderungen im Blick hat und inhaltliche Widersprüche schnell identifizieren kann. Von der Aufnahme der AWF-Inhalte durch andere Projektmitglieder, beispielsweise um Zeit zu sparen, ist dringend abzuraten. In der Regel tendieren diese dazu, in Prozessen (und nicht in Anwendungsfällen) zu denken; eine alleinige Beschreibung auf Prozessebene ist jedoch zu ungenau – und durch das Prozessmodell aus Schritt 1 bereits gegeben. Bei der Erstellung der Anwendungsfälle ist darauf zu achten, dass Abläufen, die außerhalb des Systems erfolgen, keine Bedeutung beigemessen wird. Anwendungsfälle fokussieren auf die Interaktion mit dem System.

Anwendungsfälle befassen sich also damit, *was* das System leisten soll, nicht *wie* es dies macht. Insbesondere dürfen sie nicht mit Teilen eines Benutzerhandbuchs verwechselt werden. Auch Beschreibungen der Nutzungsoberfläche haben darin nichts verloren. Eine *textuelle Anwendungsfallbeschreibung* ist die geläufigste Form der Notation eines Anwendungsfalls; sie enthält neben einer Kurzbeschreibung und ggf. ergänzenden Anforderungen folgende Angaben:

- Auflistung der mit dem System interagierenden Akteure
- Aufrufkontext
- Vor- und Nachbedingungen
- Standardablauf
- alternative Abläufe (sofern vorhanden)
- Ausnahmeabläufe (sofern vorhanden)

Durch die Auflistung der *Akteure* wird definiert, wer im Kontext des Anwendungsfalls mit dem System interagiert. Dies ist auf Ebene der Rollen (z. B. „Kunde“) und nicht etwa auf Ebene der Personen (z. B. „Herr Meier“) zu verstehen. Sieht man von reinen System-Anwendungsfällen ab, gehört zu jedem Anwendungsfall mindestens ein menschlicher Akteur. Der *Aufrufkontext* gibt an, wann und in welchen Situationen der AWF zum Einsatz kommt. Wichtig sind dabei die *Vorbedingungen*. Nur wenn alle erfüllt sind, darf der Anwendungsfall ausgeführt werden. Die *Nachbedingungen* geben an, was stets nach der Ausführung gilt. Der *Standardablauf* enthält die Schrittfolge, die am häufigsten beim Ausführen des Anwendungsfalls durchlaufen wird. Gibt es weitere Abläufe, die zu denselben Nachbedingungen führen, werden diese als *Alternativabläufe* in die AWF-Beschreibung aufgenommen. Abläufe, die zu anderen Nachbedingungen führen, stellen *Ausnahmeabläufe* dar. Jeder Ausnahmeablauf besitzt einen eigenen Satz von Nachbedingungen.

In Abb. 2 ist die textuelle Beschreibung des Anwendungsfalls „Ausleihe verlängern“ zu sehen. Im Gegensatz zu anderen Ansätzen, bei denen jeder Ablauf unstrukturiert als Fließtext aufgeschrieben wird, präferieren wir das (alphanumerische) Nummerieren der einzelnen Schritte. Auf diese Weise können Sprünge zwischen den Abläufen elegant referenziert werden. Zu beachten ist aber, dass aus einem Ausnahmeablauf nicht wieder in den Standard- oder einen Alternativablauf gesprungen werden darf, da die Semantik des Ausnahmeablaufs vorgibt, dass ein regulärer Abschluss – also die Nachbedingungen des Standardablaufs – nicht mehr erreicht wird.



Anwendungsfall Ausleihe verlängern

Dieser Anwendungsfall beschäftigt sich mit der Verlängerung eines oder mehrerer entliehener Medien (Bücher, Zeitschriften). Die Verlängerung muss i.A. vom Bibliotheksnutzer explizit angestoßen werden (Ausnahmen gelten nur für VIP-Nutzer).

Anwender (Akteur): Nutzer der Bibliothek

Aufrufkontext: Immer, wenn ein Nutzer entliehene Medien verlängern möchte.

Vorbedingungen

- Der Nutzer ist am System authentifiziert.
- Der Nutzer hat mindestens ein Medium entliehen, dessen Leihfrist noch verlängerbar ist.

Nachbedingungen (regulärer Abschluss)

- Die Leihfrist ist für mindestens ein Medium verlängert worden.

Standardablauf

S1 Das System zeigt dem Nutzer alle von ihm entliehenen Medien an. Für jedes Medium, das verlängerbar ist, bietet das System eine Selektionsmöglichkeit an.

S2 Der Nutzer selektiert alle Medien, deren Leihfrist er verlängern möchte.

S3 Das System führt für die selektierten Medien eine Verlängerung durch. (Alternativ: A1, E1)

S4 Das System informiert den Nutzer über die erfolgreich durchgeführten Verlängerungen.

Alternative Abläufe

A1 Mindestens ein selektiertes Medium (aber nicht alle) wurde vorgemerkt (aus Schritt S3):

A1.1 Das System stellt fest, dass inzwischen nur noch ein Teil der selektierten Medien verlängerbar ist, da seit der Anzeige der Liste in Schritt **S1** mind. eines der Medien vorgemerkt wurde.
A1.2 Das System führt für alle selektierten Medien, die nicht vorgemerkt sind, eine Verlängerung durch.
A1.3 Das System informiert den Nutzer über die erfolgreich durchgeführten Verlängerungen sowie darüber, dass (und für welche Medien) aufgrund von Vormerkungen keine Verlängerung möglich ist.

Ausnahmeabläufe (jeweils mit eigener Nachbedingung)

E1 Alle selektierten Medien sind inzwischen vorgemerkt (aus Schritt S3):

E1.1 Das System stellt fest, dass inzwischen keines der selektierten Medien mehr verlängerbar ist.
E1.2 Das System zeigt dem Benutzer an, dass aufgrund von Vormerkungen keine Verlängerung durchgeführt werden konnte.

Nachbedingungen von Ausnahmefall E1: Es ist keine weitere Verlängerung durchgeführt worden.

Abb. 2 Beschreibung des AWF „Ausleihe verlängern"

Während der Erarbeitung des Anwendungsfalls wurden folgende mit ihm in Verbindung stehende *ergänzende Anforderungen* extrahiert:

- Die Zeit, um die verlängert wird, beträgt 28 Tage. Dieser Wert (auch „Verlängerungszeit" genannt) muss jedoch konfigurierbar sein.
- Bei jeder Verlängerung der Leihfrist muss die *maximale Leihfristlänge* (s. Glossar) eingehalten werden. Ggf. umfasst die Verlängerung also weniger als die o. g. Verlängerungszeit.
- VIP-Kunden können Medien ohne Leihfristbegrenzung ausleihen, d. h. die maximale Leihfristlänge ist für sie unbegrenzt.
- Die maximale Leihfristlänge für Nicht-VIP-Kunden muss konfigurierbar sein.
- Für VIP-Kunden führt das System jeden Tag automatisch eine Verlängerung durch.
- Medien, bei denen für den Nutzer aufgrund einer Leihfristüberschreitung Mahngebühren angefallen sind, sind erst verlängerbar, wenn die offenen Gebühren beglichen wurden.

Begriffe, die nicht zwangsläufig allgemeinverständlich sind, werden im *Glossar* erläutert. Im vorliegenden Fall ist „maximale Leihfristlänge" ein guter Kandidat. Die Beschreibung im Glossar könnte wie folgt aussehen: Die *maximale Leihfristlänge* gibt die Anzahl der Tage an, die ein Nutzer der Bücherei ein Medium ausleihen kann, wenn er alle zur Verfügung stehenden Verlängerungen nutzt und das Medium in der Zeit nicht vorgemerkt ist. Zusätzlich sollte jeder Glossareintrag auch weitere

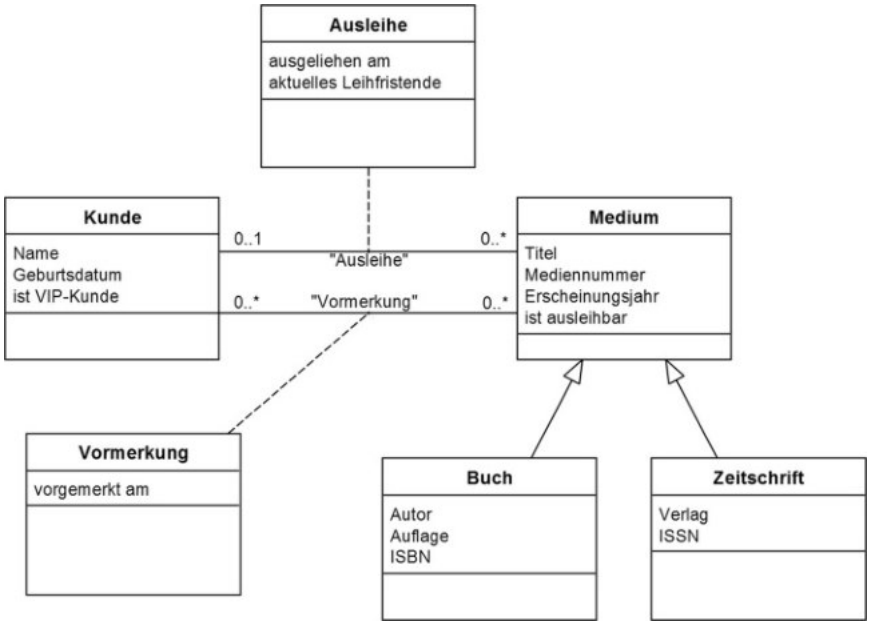


Abb. 3 Fachliches Klassenmodell

Informationen enthalten. Dazu zählen u. a. Synonyme, Homonyme, Angaben zu Generalisierungen und Spezialisierungen, Beispiele sowie ggf. Referenzen auf Dokumente der Anforderungsspezifikation, in denen der Begriff Verwendung findet.

Ein *Domänenklassenmodell* ist ein Klassenmodell, das relevante Dinge und Sachverhalte der Problemwelt beschreibt und Implementierungsaspekte weitgehend außer Acht lässt. Zu jeder Domänenklasse und zu jeder Assoziation muss es eine Realweltentsprechung geben. Jede Domänenklasse sollte mehrere Attribute enthalten, aber im Gegensatz zu anderen Klassenmodellen (wie z. B. einem Entwurfsklassenmodell) enthält ein Domänenklassenmodell keine Operationen.

Jeder Anwendungsfall bezieht sich auf einen Teil der Informationen des zu erstellenden Domänenklassenmodells. Bei großen Projekten wird kein Anwendungsfall alle Elemente des Domänenklassenmodells adressieren. Deswegen ist es sinnvoll, zur Validierung der Anforderungen dem Projektteam nur Ausschnitte, d. h. gewisse Sichten auf das Klassenmodell zu präsentieren. Diese Sichten können als *fachliche Klassenmodelle* angesehen werden. Die Erstellung der fachlichen Klassenmodelle und des gesamten Domänenklassenmodells liegt in der Verantwortung des Anforderungsmanagers. Ein exemplarisches fachliches Klassenmodell für den oben genannten Anwendungsfall ist in Abb. 3 dargestellt.

Dem gezeigten fachlichen Klassenmodell ist zu entnehmen, dass jeder Kunde beliebig viele Medien (auch keins) ausgeliehen haben kann und jedes Medium zum aktuellen Zeitpunkt von keinem oder genau einem Kunden ausgeliehen ist. Eine Historie der Ausleihen ist an dieser Stelle nicht berücksichtigt; dies würde fachliche Klassenmodelle schnell „wachsen“ lassen und dadurch von zentralen, zu Beginn der Anforderungsermittlung zu klärenden Fragestellungen ablenken. Sehrwohl erfragt der Anforderungsmanager aber, zu welchen Sachverhalten eine Historisierung notwendig ist und hält dies separat fest. Die Klassen „Ausleihe“ und „Vormerkung“ sind sogenannte *Assoziationsklassen*. Darunter ist zu verstehen, dass sie für ein Paar von konkreten Objekten nur genau einmal existieren (und auch nur dann, wenn die Objekte entsprechend assoziiert sind): Hat ein Kunde K ein bestimmtes Medium M entliehen, dann gibt es zu dieser Kombination von K und M genau eine Ausleihe mit einem aktuellen Leihfristende. Ein Medium kann ein Buch oder eine Zeitschrift sein, was durch geschlossene, aber unausgefüllte Pfeilspitzen symbolisiert wird. Für nähere Informationen zur Syntax des Diagramms sei z. B. auf [8] verwiesen.

Die in **Schritt 3** erfolgende Qualitätssicherung ist nur schlecht anhand eines überschaubaren Beispiels zu demonstrieren, weswegen an dieser Stelle stattdessen eine zusammenfassende Beschreibung

erfolgt. Inhaltlich prüft der Anforderungsmanager (ggf. zunächst für sich selbst, dann aber) zusammen mit den Projektmitgliedern jeden einzelnen Anwendungsfall daraufhin, ob die AWF-Schritte widerspruchsfrei sind und ob die Summe der Schritte das gewünschte Verhalten korrekt beschreibt (*lokale Qualitätssicherung*). Dabei erfolgt auch ein Abgleich mit relevanten Glossar-Einträgen. Zugleich wird geprüft, ob der Zuschnitt des Anwendungsfalls plausibel ist. Hier hilft u. a. die Betrachtung der aufgeführten Akteure. Es ist zwar prinzipiell möglich, dass ein Anwendungsfall mehr als einen Akteur enthält, allerdings hat sich in der Praxis gezeigt, dass bei Beteiligung mehrerer Akteure mit – bezogen auf den betrachteten Ablauf – unterschiedlichen Zuständigkeiten oft ungewollt mehrere Anwendungsfälle zusammengefasst wurden, worunter letztlich die Qualität der gesamten Anforderungsspezifikation leidet. Da die lokale Qualitätssicherung für jeden AWF einzeln durchgeführt wird, kann dieser Teil der Qualitätssicherung schon vor Fertigstellung sämtlicher Anwendungsfallbeschreibungen beginnen. Sinnvoll ist jedoch, erst dann damit zu beginnen, wenn alle zum übergeordneten Prozess gehörenden Anwendungsfälle erstellt sind, da ansonsten ein nachträglicher Änderungsbedarf für die bereits geprüften Anwendungsfälle nicht auszuschließen ist.

Die *globale Qualitätssicherung* kann erst erfolgen, wenn – abgesehen von den nichtfunktionalen Anforderungen – alle im Rahmen der Anforderungsermittlung anzufertigenden Dokumente vorhanden sind. Dabei wird auf Prozessebene geprüft, ob sich alle Anwendungsfälle korrekt in den Prozess integrieren und ob es keine Widersprüche und Redundanzen zwischen einzelnen Anwendungsfällen untereinander sowie ganz allgemein zwischen allen zu erstellenden Anforderungsdokumenten gibt. Für jeden Anwendungsfall muss sichergestellt sein, dass alle seine Vorbedingungen erfüllbar sind. Wichtig ist diesbezüglich insbesondere die Untersuchung, ob Vor- und Nachbedingungen aufeinanderfolgender Anwendungsfälle „zusammenpassen". Üblicherweise treten bei der ersten globalen Qualitätssicherung noch Fehler zutage. Dann werden die entsprechenden Dokumente überarbeitet; bei größeren Überarbeitungen folgt ein erneutes Qualitätssicherungs-Review. Wird beim Review kein (weiteres) Defizit identifiziert, kann die Freigabe erfolgen.

Fazit

Bei großen IT-Projekten ist ein gutes Anforderungsmanagement unerlässlich. Innerhalb von Workshops bringt der Anforderungsmanager die Anforderungen in Erfahrung und dokumentiert sie geeignet. Zudem sorgt er dafür, dass auch nach Änderungen von Anforderungen keine Widersprüche vorliegen. Die Verantwortung für den Inhalt verbleibt bei den fachlich zuständigen Personen, d. h. jedes Projektmitglied muss sämtliche Teile der Anforderungsspezifikation beurteilen können, die in seinem Zuständigkeitsbereich angesiedelt sind. Somit haben die erzeugten Dokumente zweierlei Ansprüche zu bedienen: Die Projektmitglieder müssen sie verstehen können, aber sie müssen zugleich hinreichend präzise für die Umsetzung sein.

Das Zusammenspiel von Prozessen und Anwendungsfällen ermöglicht eine strukturierte Beschreibung auf verschiedenen Abstraktionsebenen. Ein weiterer Vorteil der textuellen Anwendungsfallbeschreibungen wird sich in der Testphase zeigen: Die Struktur der Anwendungsfälle ermöglicht eine recht kanonische (und damit vergleichsweise schnelle) Ermittlung von Testfällen für das Software-Produkt, da es zu jedem beschriebenen Ablauf mindestens einen Testfall geben sollte. Dadurch lässt sich sehr einfach sicherstellen, dass keine zentralen zu testenden Situationen übersehen wurden.

Literatur

1. Balzert H (2009) Lehrbuch der Software-Technik: Basiskonzepte und Requirements Engineering, 3. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg
2. Boehm BW (1981) Software Engineering Economics, 1. Aufl. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA
3. Hofmann HF, Lehner F (2001) Requirements engineering as a success factor in software projects. IEEE Softw 18(4):58–66
4. Jacobson I (1992) Object-Oriented Software Engineering: A Use Case Driven Approach. ACM Press Series. ACM Press
5. Kneuper R (2015) Klassische und agile Vorgehensmodelle – ein historischer Überblick. In: Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2015: Hybride Projektstrukturen erfolgreich umsetzen. Gesellschaft für Informatik e. V. (GI), Bonn, S 29–37
6. Pohl K, Rupp C (2015) Basiswissen Requirements Engineering: Aus- und Weiterbildung nach IREB-Standard zum Certified Professional for Requirements Engineering Foundation Level, 4. Aufl. dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg
7. Requirements Interchange Format (2016) http://www.omg.org/spec/ReqIF, last access: 19.5.2017
8. Rupp C, Queins S, die SOPHISTen (2012) UML2 glasklar: Praxiswissen für die UML-Modellierung und -Zertifizierung, 4. Aufl. Hanser Verlag, München
9. Umbach H, Metz P (2006) Use cases vs. Geschäftsprozesse – das Requirements Engineering als Gewinner klarer Abgrenzung. Informatik-Spektrum 29(6):424–432

Erfahrungen beim Aufbau von großen Clustern aus Einplatinencomputern für Forschung und Lehre

Christian Baun · Henry-Norbert Cocos
Rosa-Maria Spanou

Einleitung

Wenn Rechenleistung, Ausfallsicherheit oder Datendurchsatz eines einzelnen Computers nicht ausreichen, sind Verbünde, sogenannte Cluster, von miteinander vernetzten eigenständigen Computern die naheliegende Lösung. Die beteiligten Computer heißen im Cluster-Kontext meist Knoten (englisch: *Nodes*) und ein Cluster verhält sich im Idealfall wie ein einheitlicher Uniprozessor.

Bestanden frühe Cluster-Systeme in den 1980er-Jahren meist aus wenigen Minicomputern (z. B. DEC VAX), kommen seit den 1990er-Jahren im professionellen Umfeld meist Server als Knoten zum Einsatz. Im Bereich Forschung und Lehre dienen häufig PCs aus Standardkomponenten (*Commodity-Hardware*) als Knoten. Diese erreichen mangels redundanter Komponenten (z. B. Netzteile und Lüfter) zwar eine geringere Verfügbarkeit und bieten auch keine leistungsfähigen Verwaltungs- und Wartungswerkzeuge wie z. B. das *Integrated Management Module* von IBM oder *Integrated Lights-Out* (iLO) von HPE, aber dafür sind die Anschaffungskosten im Vergleich zu Servern geringer.

Der Kostenaufwand, um einen Cluster mit mehreren Knoten aufzubauen, hängt in erster Linie von der Anzahl und Ausstattung der verwendeten Knoten ab. Sind die Knoten Linux-Server aus Standardhardware, verursacht jeder Knoten Anschaffungskosten von mehreren hundert bis über 1.000 Euro. Der Aufbau eines Clusters mit acht Knoten führt daher häufig zu Anschaffungskosten von über 10.000 Euro. Zudem ist der Stromverbrauch mit dem von Arbeitsplatzrechnern vergleichbar. Die Betriebskosten für einen Cluster-Knoten können in fünf Jahren fünf- bis achtmal so hoch sein wie die Anschaffungskosten für Hard- und Software. Diese Anschaffungs- und Betriebskosten verhindern häufig die Beschaffung bzw. den Aufbau von Clustern für Forschung, Entwicklung und Lehre.

Speziell für die Lehre im Bereich parallele und verteilte Systeme, aber auch für Forschungsvorhaben, bei denen nicht eine hohe Rechenleistung und Speicherkapazität, sondern viele physische Prozessorkerne (Rechenkerne) im Vordergrund stehen, können Cluster auch aus Einplatinencomputern realisiert werden. Diese haben den Vorteil, dass ihre Anschaffungskosten und der Energieverbrauch konkurrenzlos günstig sind. Zudem benötigen solche Computer nur wenig Platz und können in den allermeisten Fällen sogar passiv gekühlt werden.

Der vorliegende Artikel benennt Anwendungen, die sich zum Betrieb auf Clustern aus Einplatinencomputern eignen und beschreibt Erfahrungen, die beim Aufbau solcher Cluster gewonnen wurden. Zudem erfolgt eine Kalkulation der entstehenden Kosten.

Sinnvolle Einsatzmöglichkeiten

Beim Aufbau eines Parallelrechners sind Einplatinencomputer wegen ihrer vergleichsweise schwachen Rechenleistung, des geringen Hauptspeichers und der wenigen Möglichkeiten,

DOI 10.1007/s00287-017-1083-9
© Die Autoren 2018. Dieser Artikel wurde mit Open Access auf Springerlink.com veröffentlicht.

Christian Baun · Henry-Norbert Cocos · Rosa-Maria Spanou
Frankfurt University of Applied Sciences,
Nibelungenplatz 1, 60318 Frankfurt am Main
E-Mail: christianbaun@fb2.fra-uas.de

Tabelle 1

Eckdaten der untersuchten Einplatinencomputer

	Raspberry Pi 1	BananaPi 1 (ab Mitte 2014)	ODROID-U3	Raspberry Pi 2 (ab Mitte 2015)	Raspberry Pi 3 (ab Mitte 2016)
Prozessor	ARM 11	ARM A7	ARM A9	ARM A7	ARM A53
Rechenkerne	1	2	4	4	4
Taktrate	700 MHz	900 MHz	1700 MHz	900 MHz	1200 MHz
Hauptspeicher	512 MB	1024 MB	2048 MB	1024 MB	1024 MB
Ethernet-Schnittstelle	100 Mbit	1000 Mbit	100 Mbit	100 Mbit	100 Mbit
Persistenter Speicher	SD/microSD	SD, SATA	microSD	microSD	microSD
Passiv kühlbar	ja	ja	schwierig	ja	schwierig
Software	++	0	0	++	++
Community	++	0	+	++	++
Stabilität	++	++	+	++	0
Preis	++	0	−−	++	+
Leistung	−−	0	++	+	+

Massenspeicher anzuschließen, nicht unbedingt die erste Wahl. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die relevanten Hardwarekomponenten gängiger und im Rahmen dieser Arbeit untersuchten Einplatinencomputer, die über große Benutzergemeinden (*Communities*) verfügen und die aktiv weiterentwickelt werden. Die Bewertungen in Tab. 1 sind subjektiv und ergeben sich durch Beobachtungen aus dem Alltag.

In den Jahren 2013 und 2014 wurden primär Cluster aus Raspberry Pi 1, BananaPi 1 und ODROID-U3 untersucht. Ab 2015 bzw. 2016 wurde im Rahmen dieser Arbeit primär mit Clustern aus Raspberry Pi 2/3 gearbeitet. Gründe für den Fokus auf diese Familie aus Einplatinencomputern sind die Verfügbarkeit gut gepflegter Betriebssystemabbilder für die Linux-Betriebssysteme Raspbian [12] und Ubuntu [15] und der günstige Anschaffungspreis von ca. 40 Euro pro Rechner. Für einen exemplarischen Cluster aus acht Raspberry Pi 2- oder Raspberry Pi 3-Einplatinencomputern (beide Modelle unterscheiden sich nur geringfügig in den Anschaffungskosten) ergeben sich Anschaffungskosten von unter 600 Euro (siehe Tab. 2).

Neben den Anschaffungskosten sind auch die Betriebskosten ein wichtiger Faktor für die Wirtschaftlichkeit eines Computersystems. Ein wie in Tab. 2 beschriebener Cluster aus acht Raspberry Pi 2-Einplatinencomputern verbraucht unter Volllast ca. 35 Watt. Daraus ergeben sich gemäß der folgenden Formel Stromkosten von unter 100 Euro pro Jahr.

$$0,035\,\mathrm{kW} \times 24\,\frac{\mathrm{h}}{\mathrm{Tag}} \times 365,25\,\frac{\mathrm{Tag}}{\mathrm{Jahr}} \times 0,3\,\frac{€}{\mathrm{kWh}} \approx 92,05\,\frac{€}{\mathrm{Jahr}}$$

Da bereits ein einziger Server oder ein PC aus Standardkomponenten in der Regel mit einer elektrischen Leistung von mehreren hundert Watt läuft, sind die Energiekosten für einen Cluster aus

Tabelle 2

Anschaffungskosten für einen Cluster aus acht Raspberry Pi 2/3-Einplatinencomputern

Komponente	Anschaffungspreis
8 Raspberry Pi 2 oder 3 Einplatinencomputer	320 €
8 microSD-Karten	100 €
8 microUSB-Kabel	10 €
9 Ethernet-Kabel	10 €
Stromversorgung	50 €
Netzwerk-Switch	40 €
Summe	560 €

Einplatinencomputern sehr niedrig im Vergleich zu anderen Lösungen.

Alle in Tab. 1 präsentierten Einplatinencomputer sind hinsichtlich ihrer Rechenleistung und Hauptspeicherkapazität leistungsfähig genug, um mit einem Linux-Betriebssystem Serverdienste zu betreiben. Da die Einplatinencomputer alle mit einer 100 Mbit-Ethernet oder Gigabit-Ethernet-Netzwerkschnittstelle ausgestattet sind, ist mit ihnen der Aufbau von Clustern prinzipiell möglich.

Wegen ihrer eingeschränkten Hardwareausstattung und Erweiterungsmöglichkeiten eignen sich Einplatinencomputer nicht für alle Anwendungen aus dem Bereich der parallelen und verteilten Systeme. So hat beispielsweise der in Tab. 1 beschriebene Cluster aus acht Knoten immerhin 32 Rechenkerne, aber nur 8 GB Hauptspeicher, was selbst für einen einzelnen modernen Server oder eine Workstation ein niedriger Wert wäre.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit wurden unterschiedliche potenzielle Einsatzgebiete für Cluster aus Einplatinencomputern hinsichtlich ihrer Nützlichkeit für Forschung und Lehre untersucht. Konkret handelt es sich um diese Themen:

- Paralleles Rechnen,
- Mobile Anwendungen,
- Cloud-Plattformdienste und -Infrastrukturdienste.

Paralleles Rechnen

Wegen ihrer geringen Anschaffungs- und Betriebskosten eignen sich Cluster aus Einplatinencomputern potenziell sehr gut für Anwendungen aus dem Bereich des parallelen Rechnens. Mit relativ geringen finanziellen Mitteln ist es möglich, ein paralleles System mit vielen physischen Rechenkernen zu beschaffen. Ein solches System eignet sich ideal für Anwendungen in der Lehre und, je nach Einsatzzweck, auch für die Forschung.

Die Entwicklung eigener Programme ist beispielsweise mit der Bibliothek *Message Passing Interface* (MPI) [10] möglich. Diese stellt Funktionen zur Entwicklung eigener Cluster-Programme bereit und ist der De-facto-Standard zur Entwicklung paralleler Programme in Clustern. Lösungen mit vergleichbarer Funktionalität wie zum Beispiel OpenSHMEM [9], PVM und Unified Parallel C existieren zwar, haben aber keine vergleichbare Verbreitung.

Implementierungen der MPI-Bibliothek existieren u. a. für die Programmiersprachen C++, C, Python, Fortran und Java. Die enthaltenen Funktionen ermöglichen Interprozesskommunikation, Prozesssynchronisierung, Auslesen von Umgebungsvariablen, Prozessgruppen, Dateiein- und ausgabe sowie Speicherzugriff.

Der Aufbau von Clustern aus Einplatinencomputern mit MPI ist mit geringem Aufwand möglich, da entsprechende MPI-Pakete bereits bei allen gängigen Linux-Distributionen enthalten sind und der Konfigurationsaufwand von MPI gering ist. Zahlreiche andere Projekte mit Einplatinencomputern haben solche Systeme in den vergangenen Jahren realisiert. Beispiele sind die Installationen an den Universitäten Southampton [8], Boise [16], Bozen [1] und Maine [7] und an der Frankfurt University of Applied Sciences.

Neben kleineren Clustern mit 4, 8 (siehe Tab. 2), 16 oder 32 Knoten, wurde im Rahmen dieser Arbeit auch ein Cluster aus 128 Raspberry Pi 3 (siehe Abb. 1) für unter 10.000 € Anschaffungskosten aufgebaut. Ein solches System hat immerhin 512 physische Rechenkerne und verbraucht im Leerlauf ca. 350 Watt und bei Spitzenlast bis zu ca. 650 Watt.

Eine interessante Frage ist, welche Rechenleistung ein solcher Cluster im Vergleich zu anderen Lösungen erbringen kann. Ein etablierter Weg, die Rechenleistung eines Clusters zu bestimmen, ist der High-Performance Linpack (HPL) Benchmark [11]. Dieser löst ein lineares Gleichungssystem und misst dabei die Gleitkommazahlenoperationen (Additionen oder Multiplikationen) pro Sekunde. Das Ergebnis wird in FLOPS (floating-point operations per second) angegeben. Tabelle 3 zeigt eine Auswahl der Messergebnisse, die im Rahmen dieser Arbeit auf verschiedenen selbst aufgebauten Clustern gemessen wurden.

Zum Vergleich: In der TOP500-Liste (Stand: Juni 2017) der schnellsten Supercomputer hatten alle Systeme in den Top 10 eine Rechenleistung von mehreren PetaFLOPS. Die von uns gemessenen Werte liegen noch unter den Leistungsdaten eines einzelnen modernen Servers oder PCs. Damit ist klar, dass beim aktuellen Leistungsstand der einzelnen Knoten, ein Cluster aus Einplatinencomputern niemals eine sinnvolle Lösung sein kann, wenn das Ziel die Erreichung einer möglichst hohen Rechenleistung ist. Soll allerdings die Skalierbarkeit von Programmen untersucht werden, kann ein solcher

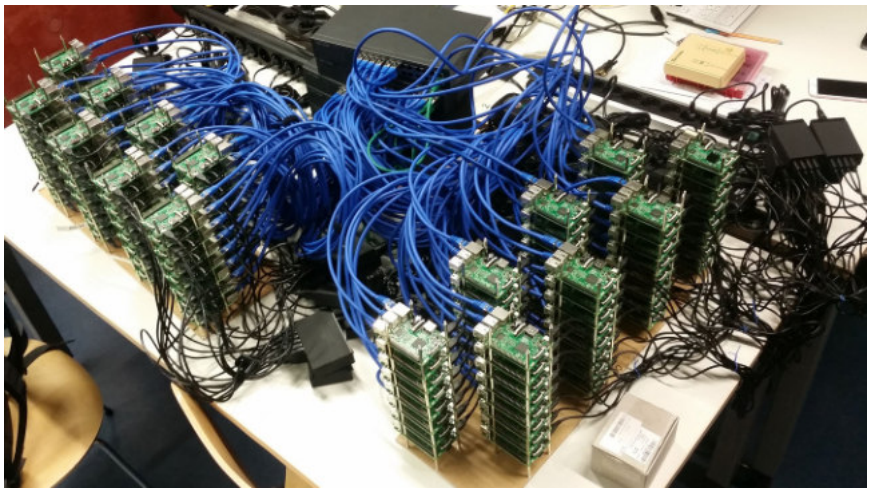


Abb. 1 Der Cluster aus 128 Raspberry Pi 3-Knoten an der Frankfurt University of Applied Sciences

Cluster eine ideale Lösung darstellen, weil für vergleichsweise geringe Kosten eine sehr große Zahl physischer Rechenkerne beschafft werden kann.

Zu den elementaren Fähigkeiten, die im Rahmen einer Lehrveranstaltung zu parallelen und verteilten Systemen in der Informatik vermittelt werden, gehört die Erkenntnis, dass Softwareprozesse durch parallele Ausführung auf mehreren unabhängigen Rechnern nicht unendlich beschleunigt werden können.

Die Auseinandersetzung mit den Möglichkeiten und Einschränkungen von Parallelrechnern findet in Wissenschaft und Alltag seit mehreren Jahrzehnten statt und wird u. a. in Form der Gesetze von Gene Amdahl und John Gustafson in den entsprechenden Lehrveranstaltungen im Rahmen einer umfangreichen Ausbildung in Informatik gelehrt.

Das im Kern pessimistisch formulierte Amdahlsche Gesetz aus den 1960er-Jahren beschreibt ein Modell zur Berechnung der potenziellen Beschleunigung („SpeedUp“) von Programmen durch parallele Ausführung. Es sagt aus, dass der Geschwindigkeitszuwachs vor allem durch den sequenziellen Anteil eines Programms beschränkt ist. In erster Linie handelt es sich hierbei um diejenigen Programmabschnitte, die sich mit Prozessinitialisierung, Speicherallokation, Ein-/Ausgabe und dem Verarbeiten von Zwischenergebnissen zum Endergebnis beschäftigten.

Das Amdahlsche Gesetz sagt zudem aus, dass durch den Aufwand für Kommunikation und zur Synchronisierung zwischen den Prozessoren die Laufzeit eines Programms bei paralleler Abarbeitung bis zu einem gewissen Maximum beschleunigt

Tabelle 3

Gemessene FLOPS bei verschiedenen Clustern aus Einplatinencomputern

Einplatinencomputer	Knoten [Anzahl]	Rechenkerne [Anzahl]	FLOPS
RasPi 1 (800 MHz)	8	8	1,3 Gflops
BananaPi 1 (900 MHz)	8	16	4,0 Gflops
RasPi 2 (900 MHz)	8	32	7,1 Gflops
RasPi 3 (1150 MHz)	8	32	12,4 Gflops
RasPi 2 (900 MHz)	16	64	14,0 Gflops
RasPi 2 (900 MHz)	32	128	24,7 Gflops
RasPi 3 (1000 MHz)	128	512	107,1 Gflops

werden kann, aber die Hinzunahme weiterer Prozessoren zu einer erneuten Vergrößerung der Laufzeit führt. Einfach gesagt: Zusätzliche Prozessoren beschleunigen die Abarbeitung nicht mehr, sondern verlangsamen sie. Dieser im Modell vorhergesagte Effekt kann auch in der Praxis beobachtet werden.

Eine in [2] exzellent beschriebene Alltagsversion des Amdahlschen Gesetzes ist wie folgt: Man stelle sich vor, ein Maler benötigt zum Tapezieren eines Zimmers 60 Minuten. Eine realistische Annahme ist, dass zwei Maler diese Aufgabe in 30 Minuten bewältigen können. Es ist aber unrealistisch zu glauben, dass 60 Maler das Zimmer in einer Minute tapezieren. Der Grund dafür ist, dass sich die Maler gegenseitig im Weg stünden und sich wegen des Zugriffs auf knappe Ressourcen (Tapeziertisch, Leiter, etc.) gegenseitig blockieren. Vermutlich würde das Tapezieren des Raumes mit 60 Malern länger als 30 Minuten dauern. Ganz anders ist die potenzielle Beschleunigung, wenn man nicht von einem einzelnen Zimmer, sondern von einem Haus mit 60 Zimmern ausgeht.

Überträgt man diese Erkenntnis auf Parallelrechner, bedeutet das, dass bei zunehmender Zahl der Prozessoren auch die Problemgröße wachsen sollte. Das zu bearbeitende Problem muss mit der Anzahl der Prozessoren „skalieren“. Diese Erkenntnis führte in den 1980er-Jahren zu Gustafsons Gesetz. Dieses besagt, dass ein genügend großes Problem effizient parallelisiert werden kann, denn der sequenzielle Anteil wird mit zunehmender Anzahl an Prozessoren unbedeutender.

Die Vermittlung von solchen elementaren Gesetzmäßigkeiten verteilter Systeme anhand textueller Beschreibungen und mathematischer Modelle ist in der Lehre der Standard. Der Grund dafür ist u. a., dass eine sinnvolle Darstellung der potenziellen Beschleunigung bei paralleler Programmausführung nur mit einer sehr großen Anzahl an Prozessoren bzw. Rechenkernen möglich ist. Einzelne Prozessoren haben aber in der Praxis selten mehr als vier, sechs oder acht Rechenkerne. Ausnahmen sind beispielsweise einzelne Xeon-Prozessoren von Intel mit 22 Rechenkernen (Xeon E5-2699 v4) oder die Ryzen-Prozessoren von AMD (Ryzen Threadripper 1950X) mit bis zu 16 Kernen. Einzelne solche Systeme mögen eine hohe Rechenleistung aufweisen, kosten aber mehrere tausend Euro und eigenen sich wenig um die Skalierbarkeit von Programmen bei paralleler Programmausführung zu untersuchen.

Ein Beispiel für eine Untersuchung der Beschleunigung eines Programms bei paralleler Ausführung zeigt Abb. 2. Diese zeigt die Laufzeit und den SpeedUp (im Vergleich zur Ausführung auf nur einem Rechenkern) eines Programms zur Bestimmung der Kreiszahl Pi via einer Monte-Carlo-basierten Annäherung. Bei diesem in der Lehre häufig präsentiertem Verfahren werden zufällig Punkte auf der Fläche eines Quadrats erzeugt, in das ein Viertelkreis einbeschrieben ist. Aus dem Verhältnis der Anzahl der Punkte innerhalb der Fläche des Viertelkreises und der Gesamtzahl der erzeugten Punkte lässt sich Pi herleiten. Da es sich bei dem Verfahren um eine Näherungslösung handelt, wird das Resultat exakter, je mehr Punkte erzeugt werden.

Das Erzeugen der Positionen der Punkte via Pseudozufallszahlen ist eine prozessorintensive Aufgabe, die parallel auf den Knoten eines Parallelrechners erfolgen kann. Der sequenzielle Anteil des Programms besteht aus dem Einsammeln der Zwischenergebnisse von den Knoten und deren Kombination zum Endergebnis auf einem Master-Knoten. Abbildung 2 zeigt, dass bei nur 1.000.000 Punkten die Problemgröße zu gering ist, um bei paralleler Programmausführung eine Beschleunigung zu erreichen. Jede Verzehnfachung der Problemgröße verbessert die Eignung des Programms für eine parallele Abarbeitung. Bei 10.000.000 und bei 100.000.000 Punkten wird eine maximale Beschleunigung erreicht und es kommt zum Abfallen der Leistung bei Hinzunahme weiterer Rechenkerne. Beeindruckend sind der SpeedUp und die Laufzeit bei 100.000.000.000 Punkten. Auf einem einzelnen Rechenkern ist die Laufzeit über 4 Stunden und 45 Minuten. Bei 512 Rechenkernen ist die Laufzeit gerade noch knapp über 1 Minute und 14 Sekunden. Es ergibt sich eine Beschleunigung von Faktor 229.

Ein anderes Beispiel, das Möglichkeiten und Grenzen paralleler Programmausführung zeigt und gleichzeitig ein greifbares Ergebnis liefert, ist die parallele Berechnung einzelner Bilder oder ganzer Filme mithilfe einer Raytracing-Anwendung wie zum Beispiel POV-Ray im Cluster. Auch ein solches Beispiel ist für die Lehre sehr gut geeignet, da es auch hier klar definierbare sequenzielle und parallelisierbare Programmanteile gibt [4].

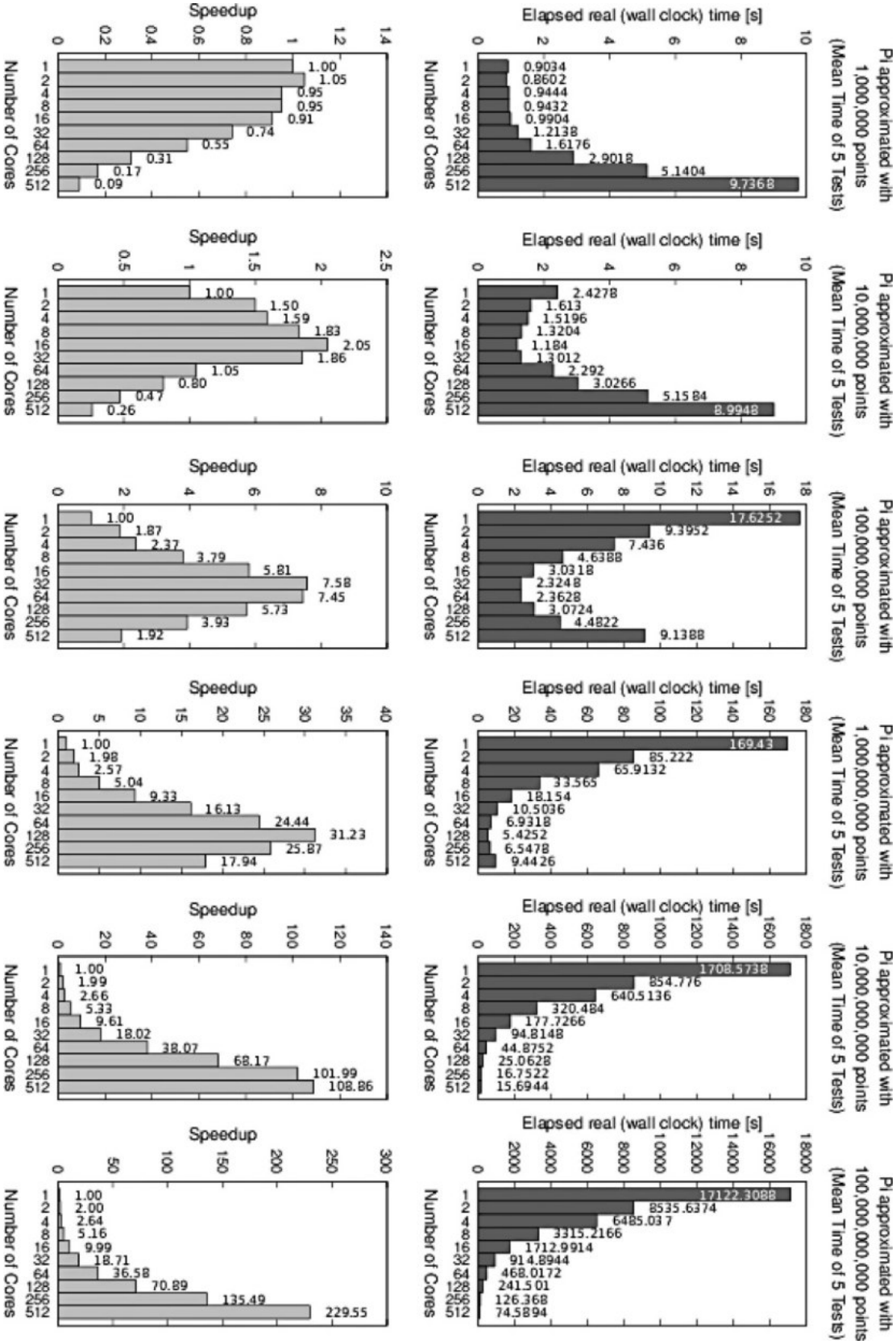


Abb. 2 Untersuchung der Skalierbarkeit eines MPI-Programms zur Bestimmung der Kreiszahl Pi via Monte-Carlo-basierter Annäherung im Cluster mit 512 Rechenkernen

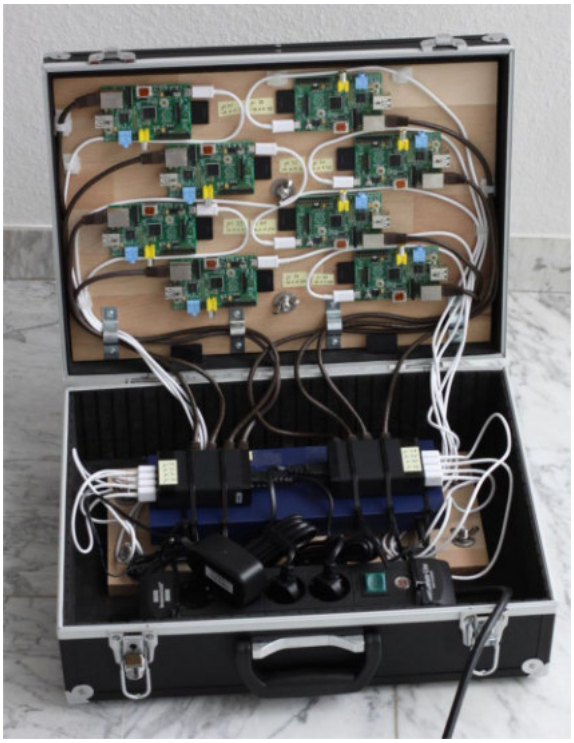


Abb. 3 Ein mobiler Cluster aus acht Raspberry Pi-Einplatinencomputern

Mobile Anwendungen

Wegen ihrer kompakten Bauweise, dem vergleichsweise geringen Gewicht und dem geringen Energieverbrauch, eigenen sich Cluster aus Einplatinencomputern prinzipiell gut für mobile Anwendungen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene Cluster mit acht Knoten in Koffer aus Aluminium eingebaut. Diese enthielten außer den Knoten auch die komplette Stromversorgung und Netzwerkinfrastruktur (siehe Abb. 3).

Die Intention hinter diesem Vorhaben war es, den Studierenden semesterweise Cluster für Laborübungen auszuleihen [3]. Eine sinnvolle Einbindung ist in verschiedene Lehrveranstaltungen möglich. Naheliegende Themengebiete sind verteilte/parallele Systeme und Echtzeitsysteme. Ein mobiles System, wie das in Abb. 3 dargestellte, kann für unter 600 Euro konstruiert werden. Zu den in Tab. 2 gezeigten Anschaffungskosten kommt lediglich noch der Preis für den Koffer.

Cloud-Plattformdienste und -Infrastrukturdienste

Cluster aus Einplatinencomputern können theoretisch eine gut geeignete Lösung zum Betrieb von Cloud-Plattformdiensten – Platform as a Service (PaaS) – sein, denn deren Hardwareressourcen sind für den Betrieb eines solchen Dienstes ausreichend. Bei einem Cloud-Plattformdienst handelt es sich im Prinzip um eine skalierbare Laufzeitumgebung für Webanwendungen. Der Dienst startet beim Import einer Webanwendung einen Application-Server und einen Lastverteiler. Steigt die Menge der Anfragen auf den Application-Server auf ein Maß, sodass weitere Ressourcen nötig werden, startet der Plattformdienst automatisch einen oder mehrere weitere Application-Server. Üblicherweise hat die Webanwendung in einem Plattformdienst auch noch Zugriff auf Infrastrukturdienste des Anbieters, wie beispielsweise Speicherdienste (Objektspeicher, Datenbankdienste, etc.), einen Email-Gateway, eine Benutzerverwaltung und einen Gateway für Kurznachrichten. Exemplarisch für die Funktionalität von Plattformdiensten zeigt Abb. 4 die Komponenten des öffentlichen Dienstangebots Google App Engine [13].

Eine Besonderheit der Google App Engine ist, dass es freie Softwarelösungen gibt, die dieses öffentlich verfügbare Dienstangebot reimplementieren. Somit ist es möglich, einen eigenen Plattformdienst mit der gleichen API und vergleichbarer Funktionalität zu betreiben. Die bekannteste Reimplementierung der Google App Engine ist AppScale [17].

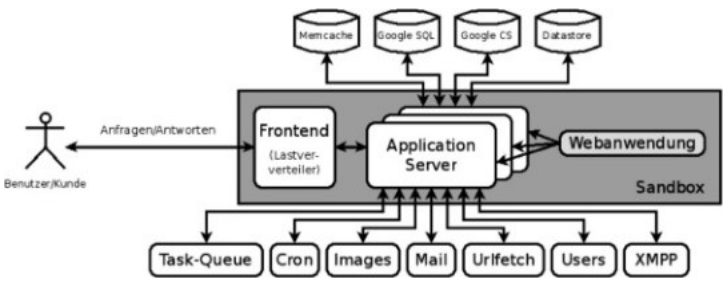


Abb. 4 Komponenten der Google App Engine als Beispiel für einen Cloud-Plattformdienst

Um herauszufinden, ob ein Cluster aus Einplatinencomputern eine sinnvolle Hardwareplattform für den Betrieb eines AppScale-Plattformdienstes ist, wurden verschiedene Cluster aus Raspberry Pi 2 und ODROID-U3 (siehe Tab. 1) mit vier und acht Knoten mit AppScale 3.1 unter dem Betriebssystem Ubuntu 14.04 LTS installiert. Eine Herausforderung sind die Ressourcenanforderungen der verwendeten verteilten Datenbank Apache Cassandra. Nur auf dem Cluster aus ODROID-U3 war wegen seines doppelten Hauptspeichers im Gegensatz zum Raspberry Pi 2 ein vollständiger, wenn auch etwas zäher Betrieb des Plattformdienstes möglich [5].

Infrastrukturdienste – Infrastructure as a Service (IaaS) – eignen sich teilweise für einen Betrieb auf Clustern aus Einplatinencomputern. Dienste zum Betrieb virtueller Server sind ungeeignet, weil vollständige Virtualisierungslösungen via Typ-1-Hypervisor (z. B. VMware Workstation, Oracle VirtualBox oder KVM) sowie Paravirtualisierungslösungen via Typ-2-Hypervisor (z. B. XEN oder VMware ESX) auf Einplatinencomputern nicht sinnvoll betrieben werden können, da die verwendeten Prozessoren keine Funktionen zur Hardwarevirtualisierung bieten. Der Betrieb von Containern (z. B. Docker oder LXC) ist auf Einplatinencomputern möglich, spielt aber für Infrastrukturdienste keine große Rolle.

Besser eigen sich objektbasierte Speicherdienste für einen Betrieb auf Einplatinencomputern. Diese Dienste gehören auch zur Gruppe der Infrastrukturdienste und haben nur sehr geringe Anforderungen an die Hardwareressourcen. Häufig bieten solche Dienste die Schnittstelle des Amazon Simple Storage Service (S3) [18] und dessen Kernfunktionalität. Beispiele für solche Dienste, die einen Betrieb im Cluster ermöglichen, sind Ceph-RGW, Mino und RiakCS [6].

Herausforderungen beim Aufbau eines Clusters aus Einplatinencomputern

Beim Aufbau der verschiedenen Cluster im Rahmen dieser Arbeit traten zahlreiche Herausforderungen zutage. Exemplarisch geht dieser Artikel auf die Eigenarten der Energieversorgung der Cluster-Knoten, die Kühlung, die Positionierung der Knoten und die Qualität des persistenten Speichers ein.

Energieversorgung der Knoten

Die allermeisten untersuchten Einplatinencomputer, wie zum Beispiel die Vertreter der Raspberry Pi-Familie, aber auch die Banana Pi verfügen zu diesem Zweck über einen micro-USB-Anschluss. Seltener kommt bei Einplatinencomputern, wie zum Beispiel beim ODROID-U3, ein Hohlstecker zum Einsatz. Alternativ ist zum Beispiel bei den Raspberry Pi die Stromversorgung über die GPIO-Pins (General Purpose Input Output) möglich. Ein Cluster aus mehreren Knoten kann somit beispielsweise über die 5V-Schiene eines PC-Netzteils versorgt werden. Da solche Lösungen in der Praxis häufig einen Bastelcharakter haben, erschienen USB-Netzteile als die bessere Wahl bei der Planung des großen Clusters.

Das Anschließen der USB-Kabel an einzelne Netzteile, wie sie von Smartphones bekannt sind, ist nicht zu empfehlen, da sie die Lösung mit dem schlechtesten Preis-Leistungs-Verhältnis sind, sehr viele Steckdosen benötigen und einen geringeren Wirkungsgrad als andere Lösungen haben [3]. Aus diesem Grund wurde beim Aufbau des Clusters auf USB-Netzteile mit mehreren Schnittstellen zurückgegriffen.

Zwar gleichen sich die untersuchten Einplatinencomputer in der benötigten elektrischen Spannung (5 V), aber in der benötigten Stromstärke unterscheiden sie sich teilweise deutlich.

Als gute Lösung für den Aufbau von Clustern haben sich Netzteile der Firma Anker mit 60 Watt Leistung und sechs oder zehn USB-Schnittstellen erwiesen. Bei diesen Netzteilen ist der maximal lieferbare Strom 60 Watt/5 Volt = 12 Ampere. Der Hersteller des Raspberry Pi 3 empfiehlt für den Betrieb eine Stromversorgung, die bei 5 Volt 2,5 Ampere Strom abgeben kann [14], wobei hier davon ausgegangen wird, dass auch zusätzliche Hardware via USB angeschlossen wird, was bei den Knoten eines Clusters selten zu erwarten ist. Da im Cluster-Betrieb üblicherweise keine umfangreiche Verwendung von den GPIO-Pins und den USB-Anschlüssen gemacht wird, ist eine Stromaufnahme von 12 Ampere/6 Schnittstellen = 2 Ampere pro Schnittstelle und Knoten ausreichend.

Wird alternativ ein Netzteil mit zehn USB-Schnittstellen und 60 W Leistung verwendet und sind an allen zehn Schnittstellen Cluster-Knoten angeschlossen, reduziert sich die Stromversorgung pro Schnittstelle auf nur noch 1,2 Ampere. Nach den im Rahmen dieser Arbeit gemachten Erfahrungen genügt dieser Strom zwar für den Betrieb des Raspberry Pi 1 und 2 sowie für den Banana Pi und den ODROID-U3, aber nicht für den

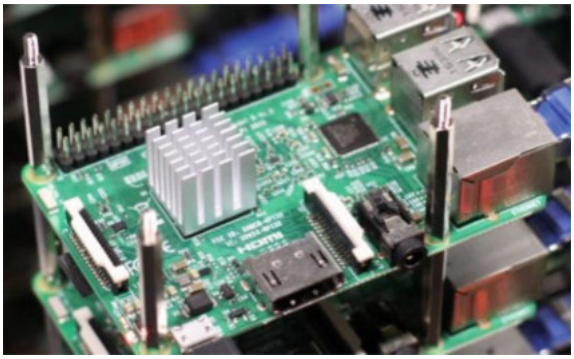


Abb. 5 Kühlkörper aus Aluminium können die Betriebstemperatur der Prozessoren der Raspberry Pi 3-Knoten nur um 2-3 Grad Celsius reduzieren

Raspberry Pi 3. In der Praxis kommt es bei Last auf den Knoten zu Abstürzen einzelner Knoten sowie zu zerstörten Dateisystemen und in einigen Fällen kam es auch zu zerstörten SD-Karten. Bei einem Netzteil mit zehn USB-Schnittstellen und 60 W Leistung müssen somit vier Schnittstellen ungenutzt bleiben.

Kühlung der Knoten

Die allermeisten Einplatinencomputer und alle in Tab. 1 dargestellten Systeme verfügen über keinerlei bewegliche Teile. Auch die Kühlung der Prozessoren erfolgt passiv und meist sogar ohne Kühlkörper. Für den Betrieb eines Clusters ist das von Vorteil, denn bewegliche Teile haben immer einen negativen Einfluss auf die Verfügbarkeit von Computern.

Die im Rahmen dieser Arbeit intensiv eingesetzten Systeme der Raspberry Pi-Familie zeigen je nach Versionsnummer ein ganz unterschiedliches Verhalten hinsichtlich Abwärme und Kühlungsbedarf. Der Raspberry Pi 1 sowie der Raspberry Pi 2 sind auch unter Volllast unauffällig, was die Abwärme angeht. Der Raspberry Pi 3 wird allerdings unter Volllast bei der standardmäßigen Taktrate mehr als 85 Grad Celsius heiß und stürzt nach wenigen Minuten ab. Da bewusst auf Lüfter verzichtet wurde, musste die Temperatur der Prozessoren durch ein Heruntertakten von 1,2 GHz auf 1 GHz abgesenkt werden. Durch diese Reduktion der Taktrate bleibt die Temperatur der Prozessoren auch unter Volllast unter 85 Grad Celsius.

Versuche, die Betriebstemperatur der Prozessoren der Raspberry Pi 3 mit zugekauften Kühlkörpern aus Aluminium (siehe Abb. 5) signifikant zu reduzieren, waren wenig erfolgreich. Die durchschnittliche

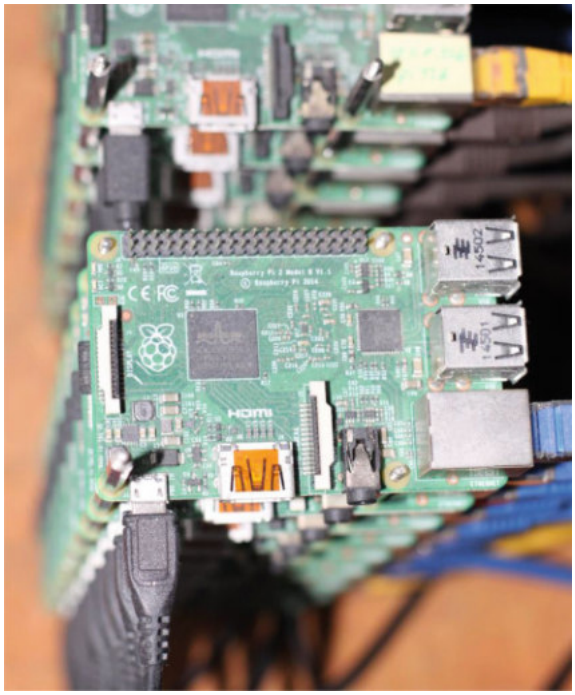


Abb. 6 Die Positionierung der Knoten mit Abstandsbolzen ist eine einfach zu handhabende und kostengünstige Option bei gleichzeitig guter Belüftung der Knoten und Erreichbarkeit der Anschlüsse

Temperatur im Ruhezustand konnte dadurch nur von 59 auf 56 Grad Celsius reduziert werden. Die durchschnittliche Temperatur unter Volllast beim High-Performance Linpack (HPL) Benchmark konnte nur von 82 auf 80 Grad Celsius reduziert werden.

Positionierung der Knoten

Wegen der kompakten Bauweise haben die gängigen Einplatinencomputer an fast allen Seiten Anschlüsse, von denen im Betrieb als Cluster-Knoten zwar die allermeisten nicht verwendet werden, aber dennoch fast alle Seiten frei zugänglich sein müssen. Am Beispiel des Raspberry Pi 3 müssen wegen der microSD-Karte, dem Stromanschluss und der Ethernet-Schnittstelle drei Seiten erreichbar sein (siehe Abb. 6). Dieser Umstand macht die Positionierung der Knoten eines großen Clusters zur Herausforderung.

Verschiedene Optionen zur Positionierung und Befestigung der Knoten sind denkbar. Die Positionierung der Knoten auf einem Brett (siehe Abb. 3) oder auf einem vergleichbaren Träger ist nur bei Clustern aus wenigen Knoten sinnvoll machbar.

Tabelle 4

Gemessene Schreibgeschwindigkeiten bei zufälligen Schreibzugriffen auf verschiedene microSD-Karten

Hersteller	Format	Kapazität [GB]	Speed Class	Random Schreibgeschwindigkeit[1] [kB/s] mit Datensatzgröße [kB] … 4	8	16	32	64	128	256	512	1024
Verbatim	microSD	16	4	121	257	586	962	1272	1780	2310	2894	3417
Samsung	microSD	16	6	133	272	631	1055	1485	2028	2592	2994	3473
Kingston	microSD	16	10	224	*13*	*26*	*53*	*108*	*219*	446	917	1939
Samsung	microSD	16	10	128	263	581	1006	1440	2018	2589	3043	3430
SanDisk	microSD	16	10	334	419	*41*	*83*	*167*	336	672	1345	2778
SONY	microSD	16	10	216	*12*	*25*	*51*	*102*	*207*	420	845	1807

[1] **Gemessen mit:** `iozone -RaeI -i 0 -i 1 -i 2 -y 4k -q 1M -s 500m -o -f /tmp/testfile`

Bei einem großen Cluster mit 128 oder mehr Knoten ist das keine Option. Eine häufig verwendete Möglichkeit bei Einplatinencomputern ist die Konstruktion eines Gehäuses aus Lego oder mit einem vergleichbaren System. Diese Möglichkeit wurde aber verworfen, weil die Belüftung in einem solchen Fall nicht optimal ist. Den gleichen Nachteil haben fertige Gehäuse für Einplatinencomputer. Diese verschlechtern die Luftzirkulation signifikant. Fertige Konstruktionen zum Aufbau von Clustern aus Einplatinencomputer existieren zwar, sind aber kostspielig in der Anschaffung.

Die im Rahmen dieses Projekts gewählte Lösung ist der Aufbau von Stapeln aus bis zu acht Knoten und deren Befestigung mit Abstandsbolzen im Format M2,5, entsprechend den Bohrlöchern. Diese Stapel wurden auf Bretter geschraubt, um sie gegen ein Umfallen abzusichern. Diese Lösung ist einfach in der Handhabung, kostengünstig und erlaubt gleichzeitig eine gute Belüftung der Knoten und Erreichbarkeit der Anschlüsse.

Realisierung eines leistungsfähigen persistenten Blockspeichers

Es existieren nur wenige Optionen zur Anbindung eines leistungsfähigen persistenten Blockspeichers an die Knoten. Die Knoten selbst haben keinen eingebauten Blockspeicher, dafür aber einen Steckplatz für eine (micro)SD-Karte (siehe Tab. 1). Auf dieser Karte befindet sich auch das Betriebssystem. Die Leistungsdaten von microSD-Karten bei sequenziellen Lese- und Schreibzugriffen können je nach Blockgröße bis zu 20 MB pro Sekunde erreichen. Die Geschwindigkeit bei den, besonders bei Multitasking-Betriebssystemen in der Praxis relevanten, zufälligen Schreibzugriffen ist üblicherweise sehr gering [3]. Tabelle 4 enthält einige Messergebnisse, die mit dem Dateisystem-Benchmark IOzone und dem Dateisystem Journaling-Dateisystem ext4 (fourth extended filesystem) gemessen wurden.

Bei den Messergebnissen in Tab. 4 fällt auf, dass einige Karten offenbar für zufällige Schreibzugriffe auf 4 kB große Blöcke optimiert sind. Nur wenige Speicherkarten liefern eine Steigerung der Schreibgeschwindigkeit bei wachsender Blockgröße, wie es eigentlich zu erwarten ist.

Eine weitere Möglichkeit, persistenten Speicher an die Knoten anzubinden, bieten die USB-Schnittstellen. Diese arbeiten allerdings nach dem USB-Standard 2.0 und liefern in der Praxis abhängig vom verwendeten Speicher und Dateisystem nur maximal 25 bis 30 MB pro Sekunde bei sequenziellen Zugriffen. Bei zufälligen Schreibzugriffen, z. B. auf USB-Sticks, werden in der Praxis üblicherweise auch nur unter 1 MB pro Sekunde Datenübertragungsrate erreicht.

Abschließend bleibt noch die Möglichkeit, persistenten Blockspeicher über die Ethernet-Schnittstelle der Knoten zu erreichen. Diese ist zwar bei der Raspberry Pi-Familie auch nur intern via USB 2.0 verbunden, dennoch können verteilte Dateisysteme, wie zum Beispiel GlusterFS, XtreemFS, Ceph oder OrangeFS, oder alternativ das Protokoll NFS, je nach Konfiguration und verwendetem Speicher einen leistungsfähigeren Speicher bereitstellen, als das mit den anderen genannten Optionen möglich ist. Ein positiver Nebeneffekt der verteilten Dateisysteme ist, dass diese häufig schon selbst eine redundante Datenhaltung rea-

lisieren können und somit die Datensicherheit verbessern.

Fazit zu Clustern aus Einplatinencomputern

Einplatinencomputer wie die Vertreter der Raspberry Pi-Familie sind nicht unbedingt die erste Wahl beim Aufbau eines Clusters und sie können mit Ihren Leistungsparametern nicht mit Servern, Workstations oder PCs aus Standardkomponenten konkurrieren. Sie sind aber wegen der vergleichsweise geringen Anschaffungs- und Betriebskosten überall dort eine kostengünstige Alternative, wo viele physische Rechenkerne hilfreich sind. Typische Anwendungsgebiete sind die Lehre, aber auch überall dort, wo die Skalierbarkeit von Programmen untersucht wird. Weitere sinnvolle Anwendungsgebiete sind der Aufbau mobiler Systeme und der Betrieb von Clustern zur Realisierung skalierbarer Speicherdienste.

Open Access. Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de) veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Literatur

1. Abrahamsson P, Helmer S, Phaphoom N, Nicolodi L, Preda N, Miori L, Bugoloni S (2013) Affordable and Energy-Efficient Cloud Computing Clusters: The Bolzano Raspberry Pi Cloud Cluster Experiment. In: IEEE 5th International Conference on Cloud Computing Technology and Science (CloudCom), 2013, Vol. 2, pp 170–175
2. Bauke H, Mertens S (2006) Cluster Computing. Springer, Berlin
3. Baun C (2016) Mobile Clusters of Single Board Computers: An Option for providing Resources to Student Projects and Researchers. SpringerPlus 2016 5:360, http://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/s40064-016-1981-3, last access: 4.12.2017
4. Baun C (2016) Parallel Image computation in Clusters with task-distributor. SpringerPlus 2016, 5:632, http://springerplus.springeropen.com/articles/10.1186/s40064-016-2254-x, last access: 4.12.2017
5. Baun C (2017) Lessons learned from implementing a scalable PaaS service by using single board computers. Int J Cloud Comput Serv Archit 7(2):1–11, http://aircconline.com/ijccsa/V7N2/7217ijccsa01.pdf, last access: 4.12.2017
6. Baun C, Cocos HN, Spanou RM (2017) Performance aspects of object-based storage services on single board computers. Open J Cloud Comput 4(1):1–16, https://www.ronpub.com/OJCC_2017v4i1n01_Baun.pdf, last access: 4.12.2017
7. Cloutier MF, Paradis C, Weaver VM (2014) Design and Analysis of a 32-bit Embedded High-Performance Cluster Optimized for Energy and Performance. In: Proceedings of the 1st International Workshop on Hardware-Software Co-Design for High Performance Computing 2014, IEEE Press, pp 1–8
8. Cox S, Cox J, Boardman R, Johnston S, Scott M, O'Brien N (2014) Iridis-Pi: A low-cost, compact demonstration cluster. Cluster Comput 17(2):349–358
9. Dinan J, Balaji P, Lusk E, Sadayappan P, Thakur R (2010) Hybrid Parallel Programming with MPI and Unified Parallel C. In: Proceedings of the 7th ACM International Conference on Computing Frontiers 2010, pp 177–186
10. http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpi/, last access: 4.12.2017
11. http://www.netlib.org/benchmark/hpl/, last access: 4.12.2017
12. http://www.raspbian.org/, last access: 4.12.2017
13. https://cloud.google.com/appengine/, last access: 4.12.2017
14. https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/, last access: 4.12.2017
15. https://wiki.ubuntu.com/ARM/RaspberryPi, last access: 4.12.2017
16. Kiepert J (2013) Creating a Raspberry Pi-Based Beowulf Cluster, http://coen.boisestate.edu/ece/files/2013/05/Creating.a.Raspberry.Pi-Based.Beowulf.Cluster_v2.pdf, last access: 4.12.2017
17. Krintz C (2013) The AppScale Cloud Platform: Enabling portable, scalable Web Application Deployment. IEEE Internet Comput 17(2):72–75
18. Palankar MR, Iamnitchi A, Ripeanu M, Garfinkel S (2008) Amazon S3 for Science Grids: A Viable Solution? In: Proceedings of the 2008 International Workshop on Data-Aware Distributed Computing, ACM, pp 55–64

Informatik in der Grundschule

Eine informatisch-pädagogische Perspektive auf informatikdidaktische Konzepte

Ute Schmid · Katharina Weitz
Anja Gärtig-Daugs

Zum aktuellen Stand der Informatikdidaktik für die Grundschule

Kinder wachsen in einer zunehmend von Informationstechnologien geprägten Welt auf. Informatische Bildung wird deshalb als eine wichtige Kulturtechnik gesehen [18], die Kinder zu einem reflektierten Umgang mit digitalen Medien und zur aktiven Beteiligung am Leben in der Informationsgesellschaft und dessen Mitgestaltung befähigen soll [9, 21]. Bereits in den Empfehlungen der GI für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung in allgemeinbildenden Schulen, die im Jahr 2000 formuliert wurden [8], setzt informatische Bildung in der Grundschule an: Der Fokus wird dabei auf der Vermittlung von Grundfertigkeiten im Umgang mit Informatiksystemen (Benutzung von Maus und Tastatur, Starten und Beenden von Programmen, Laden, Speichern und Ausdrucken von Dokumenten) und von ersten Grundkenntnissen zu den wichtigsten Systemkomponenten von Informatiksystemen und deren Funktion gesehen. Schwill erkannte bereits 2001, dass die Heranführung von Kindern an die Handhabung eines Computers nicht ohne die Vermittlung von grundlegenden informatischen Konzepten (wie Ordnerstrukturen oder Zweischrittalgorithmen in Form von copy & paste) erfolgen kann.

Als Grundlage für eine informatische Bildung in der Grundschule, die über die Schulung grundlegender Anwendungskompetenzen hinausgeht, befasste Schwill [28] sich deshalb mit der Frage, welche fundamentalen Ideen der Informatik (wie etwa Rekursion, Greedy-Methode oder strukturierte Zerlegung) bereits Grundschulkindern kognitiv angemessen vermittelbar sind. Weitere wissenschaftliche Arbeiten befassen sich mit der Frage, wie informatische Inhalte in den Grundschulunterricht eingebunden werden können [6], wie im Grundschulalter die Entwicklung algorithmischer Kompetenzen angeregt werden kann [17, 29], wie sich die Fähigkeit zum Algorithmisieren über die Jahrgangsstufen hinweg entwickelt [19], welche Programmierkonzepte von Grundschulkindern erlernbar sind [15] oder inwieweit Robotik-Kits zur frühen Hinführung an informatische Themen geeignet sind [26].

Erste Unterrichtskonzepte und -materialien, mit denen grundlegende informatische Konzepte auch Grundschulkindern näher gebracht werden können, wurden auf internationaler Ebene in den 1990er-Jahren konzipiert und seitdem stetig weiterentwickelt [1]. Auch in Deutschland wurde seit den 2000er-Jahren eine Vielzahl an Ideen entwickelt. Dabei unterscheiden sich die Konzepte in der Herangehensweise: Teils werden informatische Grundprinzipien und -kompetenzen losgelöst vom Computer (z. B. [2, 7, 13, 14]) vermittelt, teils mit Anwendungsbezug am Computer (z. B. [5, 15, 22][1]), und teils unter Einsatz weiterer Hardware [3, 4, 11][2].

[1] Siehe auch http://schuelerlabor.informatik.rwth-aachen.de/module/grundschule.

[2] Siehe auch https://calliope.cc/.

DOI 10.1007/s00287-018-1103-4
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2018

Ute Schmid · Katharina Weitz · Anja Gärtig-Daugs
Kognitive Systeme und Forschungsgruppe Elementarinformatik, Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik, Universität Bamberg, Bamberg
E-Mail: {ute.schmid, anja.gaertig-daugs}@uni-bamberg.de, katharina-blandina.weitz@stud.uni-bamberg.de

Zusammenfassung

In jüngerer Zeit wendet sich die Informatikdidaktik in Deutschland zunehmend dem Primärbereich zu. Aktuell werden in einem Arbeitskreis der Gesellschaft für Informatik Bildungsstandards für die Grundschule entwickelt und zur Diskussion gestellt. Im vorliegenden Beitrag wird diese Diskussion aufgegriffen. Zunächst werden Konzepte und wissenschaftliche Betrachtungen zur Informatik im Grundschulbereich kurz eingeführt. Danach wird die aktuelle Version der Bildungsstandards vorgestellt und kritisch kommentiert. Die Standards sind zwangsläufig eher allgemein gehalten. Eine Konkretisierung, was die Anbindung an die kindliche Lebenswelt sowie die Entwicklung von Modulen betrifft, die von Pädagogen im Vor- und Grundschulbereich nachvollzogen und umgesetzt werden können, steht noch aus. Wir stellen ein integratives Konzept für die frühe Informatikbildung in Vor- und Grundschule vor, welches von der interdisziplinären Forschungsgruppe Elementarinformatik (FELI) entwickelt wurde. Hier werden einige der in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzbereiche addressiert. Dabei werden für die informatischen Konzepte jeweils (a) altersgemäße, ‚begreifbare' Materialien zur Verfügung gestellt, (b) Bezüge zwischen den formalen Konzepten und von Kindern genutzten Medien aufgezeigt, und (c) Handreichungen formuliert, die dem Kenntnisstand von pädagogischen Fach- und Lehrkräften angemessen sind.

Entwicklung von Bildungsstandards für die Grundschulinformatik

Mitte September 2017 wurde vom GI-Fachausschuss *Informatische Bildung in Schulen* ein Dokument mit Empfehlungen zu den Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich verabschiedet. Dieses soll als Grundlage für die Entwicklung von Bildungsstandards Informatik für den Primarbereich dienen und ist zur Diskussion gestellt.[3] Dem Dokument liegt die Vision einer informatischen Bildung in der Grundschule zugrunde (S. 4), die prägnant mit den Schlagworten „Ich kann das!", „Ich entscheide mit!" und „Hier wird mir geholfen!" beschrieben wird: Informatikunterricht in der Grundschule soll Schülerinnen und Schüler anregen, sich mit Phänomenen aus der Alltagswelt auseinanderzusetzen, und sie befähigen, die dahinter liegenden informatisch modellierten Prinzipien zu erkennen, sowie Informatiksysteme kompetent, selbstbestimmt und kritisch reflektiert zu nutzen. Sie werden dabei idealerweise von kompetenten pädagogischen Fach- und Lehrkräften begleitet, die in ihrer Bildungsbiographie selbst zahlreiche Berührungspunkte mit informatischen Themen hatten.

Die Empfehlungen orientieren sich an den Prozess- und Inhaltsbereichen, die auch Gegenstand der Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I und II sind. Dieser Vorgehensweise liegt das Ziel zugrunde, vom Primarbereich bis zur Sekundarstufe II anschlussfähige Kompetenzerwartungen für die einzelnen Stufen zu formulieren. Zu den Prozessbereichen zählen „Modellieren und Implementieren", „Begründen und Bewerten", „Strukturieren und Vernetzen", „Kommunizieren und Kooperieren" sowie „Darstellen und Interpretieren". Die Inhaltsbereiche gliedern sich in „Information und Daten", „Algorithmen", „Sprachen und Automaten", „Informatiksysteme" und „Informatik, Mensch und Gesellschaft" (vgl. S. 8). Zu jedem Inhaltsbereich wird in knapper Form der Bezug zur Lebenswelt von Kindern, zum Fach Informatik und den Kompetenzen, die vermittelt werden sollen, verdeutlicht. Eine detaillierte Beschreibung der Kompetenzerwartungen nach Inhaltsbereichen und unter Einbeziehung prozessbezogener Dimensionen schließt sich an. Dabei werden Kompetenzerwartungen jeweils zum Ende der 2. und zum Ende der 4. Klasse formuliert.

Der Vorschlag des GI-Fachausschusses liefert mit den formulierten Kompetenzzielen einen wichtigen ersten Schritt für die didaktische Erschließung des Themas Informatik für den Grundschulbereich. Es fehlen bislang jedoch konkrete methodisch-didaktische Vorschläge zur Ausgestaltung von Unterrichtseinheiten und praktisch erprobte Umsetzungsbeispiele. Die Gestaltung von drei ausgewählten Themenbereichen – Digitale Welt, Roboter und Kryptographie – wird derzeit im Bundesland Nordrhein-Westfalen entwickelt und erprobt.[4]

[3] Siehe http://metager.to/gibsppdf.

[4] https://www.schulministerium.nrw.de/docs/Schulsystem/Unterricht/Lernbereiche-und-Faecher/MINT/Informatik-an-Grundschulen/index.html.

Das vorgestellte Konzept enthält zwar ein Glossar mit wichtigen informatischen Materialien, dennoch ist davon auszugehen, dass Grundschullehrkräfte, die üblicherweise nur geringe Informatikkenntnisse haben, nicht in der Lage sind, aus den kurz formulierten Hinweisen praktikable Unterrichtskonzepte zu entwickeln, mit denen Unterrichtsstunden gestaltet werden können. Auch die exemplarischen Verdeutlichungen des Lebensweltbezugs sind deutlich zu knapp, als dass Lehrkräfte darauf aufbauend konkrete Anschauungsbeispiele ableiten können. Es fehlen also bislang praktische Handreichungen und begleitende Erläuterungen, die auf den Kenntnisstand der Lehrkräfte zugeschnitten sind. Erst wenn durch verständliches Unterrichtsmaterial Barrieren abgebaut werden, besteht die Chance, dass Lehrkräfte, die der Einbindung informatischer Themen gegenüber aufgeschlossen sind und sich an den Empfehlungen zur Informatik für den Primarbereich orientieren möchten, tatsächlich zur Umsetzung im Unterricht motiviert werden.

Betrachtet man die Studienpläne für Lehramt an weiterführenden Schulen im Vergleich zum Grundschullehramt wird deutlich, dass an Grundschulen ein deutlich geringerer Fokus auf Fachwissen gegenüber didaktischen und pädagogischen Aspekten der anschaulichen und motivierenden Vermittlung grundlegender Kompetenzen liegt. Soll das Thema Informatik in die Grundschule integriert werden, ist es entsprechend notwendig, ein geeignetes, didaktisches Konzept zu entwickeln. Dieses sollte nicht ein reines Herunterbrechen der Lehrplaninhalte aus der Sekundarstufe I auf den Grundschulbereich sein. Ähnlich wie bei den frühen naturwissenschaftlichen Inhalten sollte ein spielerischer, forschender Zugang im Vordergrund stehen, der Interesse von Kindern für informatische Themen weckt und ihnen ein Verstehen der digitalisierten Welt ermöglicht.

Eine integrative Perspektive

Die Forschungsgruppe Elementarinformatik (FELI) an der Universität Bamberg[5] hat sich im Jahr 2015 gegründet. Dabei kann auf nun bereits zehnjährige praktische Erfahrung mit der Konzeption und Durchführung von Workshops für Kinder verschiedener Altersstufen vom Kindergarten bis zur Oberstufe zurückgegriffen werden [27]. Die den Workshops zugrunde liegenden Konzepte wurden und werden überwiegend aus der fachwissenschaftlichen (im Gegensatz zur fachdidaktischen) Perspektive heraus – in Kooperation von Informatik und Pädagogik – gestaltet. Aus der praktischen Erfahrung kristallisierten sich diejenigen didaktischen Konzepte heraus, die sich altersspezifisch besonders bewährt haben – sowohl was die Motivation der Kinder als auch deren kognitiven Voraussetzungen betrifft.

Hinsichtlich der Einführung von Informatik in der Vor- und Grundschule plädieren wir für einen Weg, der verschiedene Perspektiven integriert anstatt zu spalten, um Kindern und Lehrkräften einen bestmöglichen Einstieg in das spannende Gebiet der Informatik zu ermöglichen. Insbesondere wird unser Ansatz von folgenden Prämissen geleitet:

Integration einer medienpädagogischen und einer informatischen Perspektive: Üblicherweise werden diese beiden Bereiche völlig unabhängig voneinander betrachtet. Damit erfahren Kinder auf der einen Seite, wie sie Medien sinnvoll, sicher und reflektiert nutzen können, auf der anderen Seite erlernen sie informatische Konzepte, etwa Datenstrukturen und Algorithmen. Wir gehen davon aus, dass der häufig als „zweites Mathe-Fach" erlebte Informatikunterricht durch den vielfältigen Einsatz von Computermedien motivierender gestaltet werden kann. Umgekehrt hilft die Vermittlung von Informatikkonzepten im Zusammenhang mit der Vermittlung von Mediennutzung zu einem tieferen und ganzheitlichen Verständnis von Computermedien. Erst die Kombination beider Bereiche, insbesondere für die Vor- und Grundschule, kann Kinder anregen, „Wie-funktioniert-das"-Fragen zu stellen und statt bloßem Handlungswissen transferierbares Konzeptwissen aufzubauen.

Integration von unplugged Ansätzen, Programmierung und Computeranwendung: Traditionell wird im Informatikunterricht (ab der Sekundarstufe) die Vermittlung logisch-algorithmischer Grundlagen in den Mittelpunkt gestellt. Auch einige Ansätze für Kindergarten [28] und Grundschule [1] folgen diesem Vorgehen. Aktuell wird dagegen für den Grundschulbereich direkt auf die Programmierung – etwa mit Scratch [12, 25], Calliope mini [10][6] oder Roberta [20] gesetzt. Computeranwendung, etwa die

[5] Siehe www.uni-bamberg.de/kogsys/feli.

[6] Siehe auch https://calliope.cc.

Nutzung von Malprogrammen wie TuxPaint, oder Internetrecherche wird dagegen häufig der Medienpädagogik überlassen. Unserer Meinung nach kann ein direkter Einstieg in die Programmierung nach dem Vorbild der frühen Arbeiten von Papert [23] als entdeckendes Lernen durchaus sinnvoll sein, um Kinder spielerisch und bottom-up an zentrale Konzepte wie Variablen, bedingte Anweisungen und Schleifen heranzuführen. Dennoch ist davon auszugehen, dass bei der Altersgruppe der bis 10-jährigen auf unmittelbar begreifbare Materialien im Sinne der Montessori-Pädagogik unverzichtbar sind, damit es gelingt konzeptuelles Wissen aufzubauen. Zudem kann auch die Nutzung von Computeranwendungen als motivierender Ausgangspunkt für die Einführung von informatischen Konzepten dienen. So kann die Nutzung eines Malprogramms die Konzepte Pixel und digitale Repräsentation konkret werden lassen.

Parallele Entwicklung von Unterrichtsmaterialien und Handreichungen für Lehrpersonen: Häufig wird die Forderung nach digitaler Bildung dadurch umgesetzt, dass Schulen mit neuer Hardware und Infrastruktur ausgestattet werden. Dabei wird übersehen, dass Lehrkräfte ohne Konzepte, wie die Computer sinnvoll im Unterricht eingesetzt werden können, sowie ohne Handreichungen, die für ihren eigenen Kenntnisstand angemessen sind, kaum in der Lage sind, Informatikkompetenzen zu vermitteln. Insbesondere im Grundschulbereich haben viele Lehrkräfte keinerlei informatische Vorkenntnisse und sind zudem häufig technikängstlich. Nur wenn konkrete Unterrichtseinheiten ausgearbeitet vorliegen, die zudem Schritt-für-Schritt nachvollziehbar beschrieben sind, werden Lehrkräfte die vorhandene Hardware auch nutzen. Mittelfristig werden entsprechende Kenntnisse Eingang in die Lehramtsausbildung und die Erzieherausbildung finden. Aber auch hier werden – nach dem Vorbild des Sachunterrichts – spezifische Ansätze notwendig sein, die sich deutlich von der fachspezifischen Ausbildung von Lehrkräften des Gymnasiums unterscheiden müssen (siehe Abb. 1, [30]).

Informatik als Querschnittsdisziplin statt als weiteres Unterrichtsfach: Derzeit wird immer wieder gefordert, Informatik als weiteres Unterrichtsfach in der Grundschule einzuführen. Damit werden die ohnehin bereits überfrachteten Lehrpläne weiter aufbeläht oder es müssen andere Fächer im



Abb. 1 Fachkräfte mit ins Boot holen: Einbezug pädagogischer Fachkräfte bei der Entwicklung kindgerechter Materialien für die Experimentierkiste

Stundenumfang gekürzt werden. Dies scheint uns nicht zielführend und wird auch von vielen Eltern abgelehnt, die zurecht fordern, dass die Kinder zunächst die Basiskompetenzen des Lesens, Schreibens und Rechnens erlernen sollen. Wir plädieren dafür, Informatik als Brückenfach in verschiedene Unterrichtsfächer zu integrieren. Dabei ist eine Auseinandersetzung mit Informatikthemen im Umfang von bis zu 10 Stunden pro Schuljahr denkbar. Konzepte wie digitale Repräsentation können beispielsweise im Zusammenhang mit Pixeln als Projekt digitales Gestalten im Kunstunterricht vermittelt werden. Algorithmen finden sich im Mathematikunterricht – etwa bei der Einführung der schriftlichen Subtraktion, aber auch im Deutschunterricht beim Thema Vorgangsbeschreibungen [27].

Praktische Maßnahmen fachlich und pädagogisch begründet und empirisch evaluiert: Die konkrete Ausgestaltung von praktisch umsetzbaren Unterrichtseinheiten sollte im Mittelpunkt jeder fachdidaktischen Bemühung stehen. Natürlich müssen die Inhalte der Lernmodule auf fachlich-inhaltlichen Überlegungen begründet sein. So liegt es nahe, dass sich Algorithmen als zentrales Konzept der Informatik in Lerneinheiten für jede Altersstufe finden sollten. Zudem sollten aber insbesondere für Kinder bis zehn Jahre nicht nur didaktische sondern auch pädagogische und lernpsychologische Ansätze für die konkrete Ausgestaltung einer altersgerechten Vermittlung von Inhalten herangezogen werden. Es ist eine Selbstverständlichkeit, dass die Wirkung der entwickelten Konzepte empirisch überprüft werden muss. Dabei sind sowohl qualitative, auf geringe Fall-



Abb. 2 Empirische Evaluation der Materialien in einer Grundschule

zahlen begrenzte Studien als auch breiter angelegte Fragebogenstudien sinnvoll. Eine Erhebung, wie gut die vermittelten Konzepte erworben wurden, sollte gerade in der Grundschule wenn möglich nicht in Form von Leistungstests erfolgen. Alternativ können Ratespiele und Transferaufgaben gestellt werden. Daneben sollte immer auch geprüft werden, wie motivierend die Materialien sind. Ohne Motivation wird sich kein Kind vertiefend, auch außerhalb der Schule, weiter mit Informatikthemen, beispielsweise mit der Programmierung eigener Projekte, befassen. Ohne Motivation wird Informatik auch nicht als späterer Berufswunsch in Betracht gezogen werden (siehe Abb. 2, [31]).

Spiralcurriculum vom Kindergarten bis zur Oberstufe: Wie bei der Erschließung jedes Fachs, ist es auch für die Vermittlung informatischer Kompetenzen wichtig, dass Inhalte in verschiedenen Phasen der kognitiven Entwicklung wiederholt aufgegriffen und jeweils altersangemessen vertieft werden. Beispielsweise kann ein grundlegendes und anschauliches Konzept wie Pixel durchaus in der Sekundarstufe wieder als Einstieg in das Thema Binäres Zahlensystem genutzt werden. Ein einfacher, in der dritten Klasse erarbeiteter Sortieralgorithmus wie selection sort kann später systematischer betrachtet und mit effizienteren Algorithmen wie quicksort verglichen werden [1].

Interdisziplinäre Perspektive auf Materialentwicklung: Während die Fachdidaktik im Unterricht für die Mittel- und Oberstufe durchaus überzeugende Konzepte entwickelt hat, scheint uns die von dieser Disziplin eingenommene Perspektive für den Elementar- und Primärbereich nur bedingt hilfreich. Für jüngere Kinder, die in der kognitiven Entwicklung noch weit vor der formalen Phase [24] liegen, darf nicht allein das fachliche Thema im Mittelpunkt stehen. Hier liefern die Pädagogik sowie die kognitiven Lerntheorien einschlägige Konzepte zur kindgerechten Vermittlung abstrakter Inhalte. Hierzu gehören die bereits genannten Konzepte der Montessori-Pädagogik. Aber auch Ansätze wie das Nutzen von analogem Schließen zur Förderung des Aufbaus sinnvoll generalisierter Wissenstrukturen sind in diesem Kontext relevant [16, 32]. Während es in der Mittelstufe genügen kann, ein Konzept anhand eines einzelnen Beispiels einzuführen, sind jüngere Kinder darauf angewiesen, die Gemeinsamkeit in einer Vielfalt von Anwendungsbeispielen zu entdecken, um sich vom Einzelfall zu lösen und transferierbares und beständiges Wissen aufzubauen. So kann etwa das Konzept Pixel erarbeitet werden, in dem Pixelbilder geklebt werden, ein gemaltes Bild in Pixel überführt wird, und Bilder mit grober Auflösung immer feiner gezoomt werden.

Illustration des Konzepts am Beispiel Pixel

Das beschriebene Konzept haben wir in einer *Experimentierkiste Informatik* umgesetzt, in der Materialien zu verschiedenen Themen zusammengestellt sind. Begleitend zur Kiste existiert eine umfangreiche Handreichung für die Lehrkräfte, in der alle Lernmodule konkret beschrieben sind.

Als Einstiegsthema, das bereits im Kindergarten behandelt werden kann, dient in der Experimentierkiste das Thema *Pixel*. Das Thema Pixel ermöglicht einerseits die Einführung erster Informatikkonzepte und schlägt andererseits die Brücke zwischen der Erfahrungswelt der Kinder und neuen Wissensbereichen. Ausgehend von Alltagserlebnissen und mit bekannten Materialien (wie Lego, Stifte, Holzbausteine) wird der Einstieg in das Thema gestaltet. Dies ermöglicht es, die Kinder in ihrer Lebenswelt abzuholen. Zunächst werden bei dem Thema Pixel mit Buntstiften gemalte Bilder mit am Computer gemalten Bildern verglichen. Unterschiede und Gemeinsamkeiten werden erarbeitet. Dann wird zu der Leitfrage für den Themenbereich Pixel übergeleitet: *Wie stellt ein Computer Bilder dar?* Eine erste Veranschaulichung des Konzeptes Pixel geschieht mithilfe von Legosteinen, die auf einer Legoplatte zu einem Motiv (zum Beispiel einem Haus) angeordnet sind

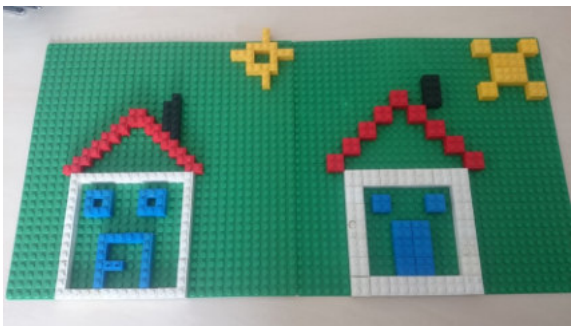


Abb. 3 Legohaus zur Veranschaulichung des Konzepts Pixel in der von FELI entwickelten Experimentierkiste Informatik

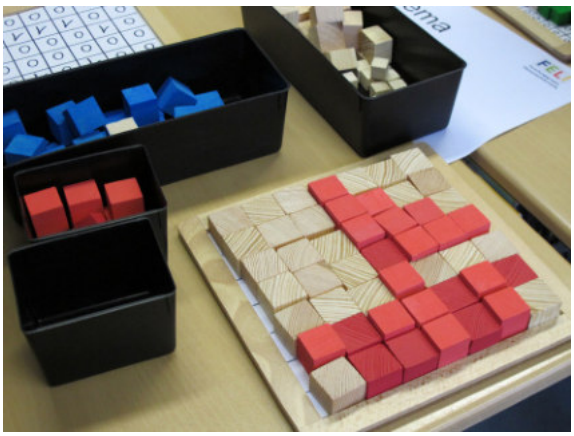


Abb. 4 Setzspiel mit Holzwürfeln zur Veranschaulichung des Konzepts Pixel, entwickelt von FELI

(siehe Abb. 3). Dieses Motiv wird einmal mit kleinen und einmal mit großen Legosteinen gestaltet. Jeder Legostein stellt hierbei ein Pixel dar. Durch den Vergleich der beiden Motive wird deutlich, dass die Größe der Pixel Einfluss auf die Darstellung hat. Je kleiner die Pixel (Legosteine), desto detaillreicher ist das Bild.

Der Bezug zum Computer wird hergestellt, indem eine – eventuell von den Kindern gemachte – Digitalfotografie in verschiedenen Auflösungen auf dem Bildschirm angezeigt wird. Die Kinder können entdecken, dass die Bilder, die sie normalerweise hochaufgelöst sehen, tatsächlich aus Pixeln aufgebaut sind. Sehr motivierend ist hier immer, wenn das Ansehen der Bilder als Ratespiel in Schritten von geringer, sehr verpixelter, zu hoher Auflösung gestaltet wird.

In einem nächsten Schritt kann das vorgestellte Konzept durch verschiedene Experimentiermaterialien von den Kindern selbst erfahren werden. Die Experimentiermaterialien sind dabei anlehnt an die Ideen Maria Montessoris, Materialien zur Verfügung zu stellen, die Kindern ein „be-greifen“ ihrer Welt ermöglichen. So können auf „Pixelbildern“ vergleichbar zu dem Konzept „Malen nach Zahlen“ Motive ausgemalt werden. Hierfür müssen die Kinder quadratische Kästchen, die mit einer 0 beschriftet sind, ausmalen, während Kästchen, die mit einer 1 beschriftet sind, nicht ausgemalt werden. Durch dieses Vorgehen erhält man ein sogenanntes Binärbild. Bei einem anderen Experimentiermaterial legen die Kinder mithilfe von bemalten und unbemalten Holzwürfeln ein Binärbild in einen Holzrahmen, der mit einem Blatt, auf dem Kästchen mit Nullen und Einsen aufgezeichnet sind, ausgelegt ist (siehe Abb. 4). Hier gibt es, ähnlich wie bei dem vorgestellten Legosteinen am Anfang, kleine und große Holzwürfel. Die Erstellung eines Binärbildes mit den kleinen Holzwürfeln dauert deutlich länger als die Erstellung eines Bildes mit großen Holzwürfeln. Dafür ist der Detaillierungsgrad deutlich höher. Sogenanntes „Expertenmaterial“ fordert Kinder, die Binärbilder mit eigenen Motiven gestalten wollen. Sie können den unbeschrifteten Kästchen auf einem Blatt selbst Nullen und Einsen zuordnen und so ihr eigenes Binärbild entwickeln.

In einer zusätzlichen Unterrichtsstunde können die Kinder mit einem Malprogramm wie Tuxpaint[7] selbst ein Bild am Computer gestalten. Auch dieses selbstgemalte Bild kann danach in verschiedenen Auflösungen betrachtet werden.

Die Erläuterungen zum Konzept Pixel sowie Hintergrundinformationen für pädagogische Fachkräfte sind in der der Experimentierkiste beigefügten Handreichung zu entnehmen. Dabei wird darauf geachtet, dass die Umsetzung im Unterricht mit wenig Vorarbeit möglich ist. Die Kompetenzziele, die Anbindung an den Lehrplan, die Einordung in ein Unterrichtsfach, die benötigte Zeit, sowie alle benötigten Materialien werden übersichlich angegeben. Technische Aspekte wie etwa das Präsentieren von digitalen Bildern mit verschiedenen Auflösungen werden Schritt für Schritt beschrieben. Gezielte Hintergrundinformationen und Hinweise sollten helfen, dass Fehlkonzepte wie ‚Pixel sind Bausteine‘ oder ‚Pixel sind nur schwarz/weiß‘ vermieden werden.

[7] http://tuxpaint.org/.

Aufbauend auf das Thema Pixel können weiterführende Themen eingeführt werden, etwa *Analoge und Digitale Repräsentationen* mit dem Fokus auf der Transformation von analogen in digitale Darstellungen und *Computer*, bei denen die Anwendung des Konzeptes im Kontext von Computer und Tablet behandelt wird. Das Thema Pixel ist schwerpunktmäßig für den Vor- und Grundschulbereich konzipiert worden, kann aber in der Sekundarstufe nahtlos weitergeführt werden. So kann die Erstellung von Binärbildern eine Grundlage für das Themengebiet *Binäres Zahlensystem* liefern.

Fazit

Nach einer zweijährigen Erprobung der Experimentierkiste Informatik in zahlreichen Kindertagesstätten und Grundschulen und deren kontinuierliche Weiterentwicklung freuen wir uns, dass die Kiste bei vielen pädagogischen Fach- und Lehrkräften sehr großen Anklang findet und über mehrere Monate im Voraus ausgebucht ist. Unsere Gruppe hat sich aus der Informatik heraus entwickelt als die Initiatorin erst vom Kindergarten ihrer Tochter und später von der Grundschule ihrer Tochter angefragt wurde, ob sie den Kindern nicht ‚mal was über Informatik' erzählen könnte. Ähnliche Impulse berichten auch andere Akteure im Bereich der Informatik für jüngere Kinder, allen voran die Autoren von *Computer Science Unplugged* [1].

Dass unser Konzept nicht aus der Informatikdidaktik heraus entwickelt wurde, mag bedingen, dass wir – zumindest zu Beginn unseres Projekts – einschlägige Arbeiten aus diesem Bereich nicht zur Kenntnis genommen haben. Andererseits haben wir recht früh Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus den Bereichen Elementarpädagogik, Grundschuldidaktik und Kognitionspsychologie in unser Team integriert und Kontakte zur Medienpädagogik, zu Erzieherinnen und Erziehern sowie Lehrkräften der Grundschule hergestellt. Wir sind fest davon überzeugt, dass diese integrative Perspektive sehr hilfreich ist, um den Schritt von der Forschung hinein in die Praxis der frühkindlichen Informatikbildung zu schaffen.

Danksagung

Die Forschungsgruppe FELI wird von der Joachim Herz Stiftung, von der Hermann Gutmann Stiftung und von der Technologie Allianz Oberfranken (TAO) finanziell unterstützt. Wir bedanken uns herzlich für die Förderungen, ohne die unsere Arbeit nicht möglich wäre. Sehr herzlich bedanken wir uns auch bei Damaris Güting vom Landesinstitut für Lehrerbildung und Schulentwicklung Hamburg, die uns mit ihrem Enthusiasmus für unsere Experimentierkiste immer wieder motiviert, auch gegen Widrigkeiten weiterzumachen. Nicht zuletzt danken wir allen Grundschullehrerinnen und -lehrern, Erzieherinnen und Erziehern, die unsere Experimentierkiste teilweise schon mehrfach ausgeliehen haben und uns so viel nützliche und motivierende Rückmeldung geben, allen voran Carina Neubauer.

Literatur

1. Bell TC, Witten IH, Fellows M (1998) Computer Science Unplugged: Off-line Activities and Games for All Ages. Computer Science Unplugged
2. Bergner N, Leonhardt T, Schroeder U (2011) Zauberschule Informatik-Einblick in die Welt der Informatik für Kinder im Grundschulalter. In: Weigend M, Thomas M, Otte F (eds) Informatik mit Kopf, Herz und Hand. ZfL-Verlag, Münster, S 132–141
3. Best A, Thierschmann U (2016) Erste Erfahrungen beim Einsatz von Unterrichtsbausteinen zur kooperativen Entwicklung und Erprobung von Informatikstunden an Grundschulen. In: Informatik 2016, Gesellschaft für Informatik
4. Borowski C (2013) Kinder auf dem Weg zur Informatik: Roboter in der Grundschule. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 21–28
5. Borowski C, Diethelm I (2009) Kinder auf dem Wege zur Informatik: Programmieren in der Grundschule. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), vol 13
6. Borowski C, Diethelm I, Mesaroş AM (2010) Informatische Bildung im Sachunterricht der Grundschule. www.widerstreit-sachunterricht.de 15
7. Borowski C, Dehé M, Hühnlein F, Diethelm I, Ossietzky C (2011) Kinder auf dem Weg zur Informatik: Wie funktioniert das Internet. In: Weigend M, Thomas M, Otte F (Hrsg) Informatik mit Kopf, Herz und Hand. ZfL-Verlag, Münster
8. Breier N, Fothe M, Friedrich S, Hubwieser P, Koerber B, Röhner G, Schubert S, Seiffert M (2000) Empfehlungen für ein Gesamtkonzept zur informatischen Bildung an allgemein bildenden Schulen. Tech. rep., Gesellschaft für Informatik eV (GI)
9. Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016) Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft: Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. https://www.bmbf.de/pub/Bildungsoffensive_fuer_die_digitale_Wissensgesellschaft.pdf
10. Calliope (2017) Coden mit dem Calliope mini – Programmieren in der Grundschule. Lehrermaterial für den Einsatz ab Klasse 3. Cornelsen
11. Duwe W (2017) Die Handykiste für die Grundschule. In: INFOS – Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt, S 413–414
12. Fessakis G, Gouli E, Mavroudi E (2013) Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. Comput Educ 63:87–97
13. Gallenbacher J (2007) Abenteuer Informatik: IT zum Anfassen; von Routenplaner bis Online-Banking. Elsevier
14. Gallenbacher J, Gose K, Heun D (2015) Gestrandet auf der Schatzinsel – Schätze heben mit Informatik in der Grundschule. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 101–109
15. Geldreich K, Funke A, Hubwieser P (2016) A Programming Circus for Primary Schools. ISSEP 2016 p 49
16. Gentner D, Levine SC, Ping R, Isaia A, Dhillon S, Bradley C, Honke G (2016) Rapid learning in a children's museum via analogical comparison. Cognitive Science 40(1):224–240
17. Goecke L, Stiller J, Pech D, Pinkwart N (2017) Informatische Grundbildung: Exploration des Erstzugangs zu Lego® Wedo 2.0 und Cubelets von Drittklässler_innen. In: INFOS – Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt, Gesellschaft für Informatik, Bonn
18. Herper H, Hinz V (2009) Informatische Bildung im Primarbereich. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 74–85
19. Hoffmann S, Wendlandt K, Wendlandt M (2017) Algorithmisieren im Grundschulalter. In: INFOS – Informatische Bildung zum Verstehen und Gestalten der digitalen Welt. Gesellschaft für Informatik, Bonn

20. Jost B, Ketterl M, Budde R, Leimbach T (2014) Graphical programming environments for educational robots: Open roberta-yet another one? In: 2014 IEEE International Symposium on Multimedia (ISM), IEEE, pp 381–386
21. Kultusminister Konferenz (2016) Bildung in der digitalen Welt: Strategie der Kultusministerkonferenz. https://www.kmk.org/aktuelles/artikelansicht/strategie-bildung-in-der-digitalen-welt.html
22. Lucke U (2011) Das Computer-Freundebuch: Ein Ansatz für Informatik in der Grundschule. In: Weigend M, Thomas M, Otte F (eds) Informatik mit Kopf, Herz und Hand. ZfL-Verlag, Münster, S 207–214
23. Papert S (1980) Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. Basic Books
24. Piaget J (1964) Part I: Cognitive development in children: Piaget development and learning. J Res Sci Teach 2(3):176–186
25. Resnick M, Maloney J, Monroy-Hernández A, Rusk N, Eastmond E, Brennan K, Millner A, Rosenbaum E, Silver J, Silverman B et al (2009) Scratch: programming for all. Commun ACM 52(11):60–67
26. Romeike R, Reichert D (2011) PicoCrickets als Zugang zur Informatik in der Grundschule. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 177–186
27. Schmid U, Gärtig-Daugs A (2017) Zehn Jahre Elementarinformatik – Elementare Informatikkompetenzen als Basis für nicht-konsumierenden und reflektierten Umgang mit Computer-Medien in der Vor- und Grundschule, 2008–2017. Tech. Rep. Band 1, Werkstattbericht zur Elementarinformatik, Forschungsgruppe FELI, Universität Bamberg, https://opus4.kobv.de/opus4-bamberg/frontdoor/index/index/docId/49769
28. Schwill A (2001) Ab wann kann man mit Kindern Informatik machen? In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 13–30
29. Weigend M (2009) Algorithmik in der Grundschule. In: INFOS (GI-Fachtagung Informatik und Schule), S 97–108
30. Weitz K, Gärtig-Daugs A, Knauf D, Schmid U (2017) Computer science in early childhood education: Pedagogical beliefs and perceived self-confidence in preschool teachers. In: Barendsen E, Hubwieser P (eds) Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education, WiPSCE 2017, Nijmegen, The Netherlands, 8–10 November, ACM, pp 117–118
31. Wolking M, Schmid U (2017) Mental models, career aspirations, and the acquirement of basic concepts of computer science in elementary education: Empirical evaluation of the computer science experimenter's kit. In: Barendsen E, Hubwieser P (eds) Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education, WiPSCE 2017, Nijmegen, The Netherlands, 8–10 November, ACM, pp 119–120
32. Zeller C, Schmid U (2016) Automatic generation of analogous problems for written subtraction. In: Proceedings of the 14th International Conference on Cognitive Modeling (ICCM 2016), pp 241–242

FORUM

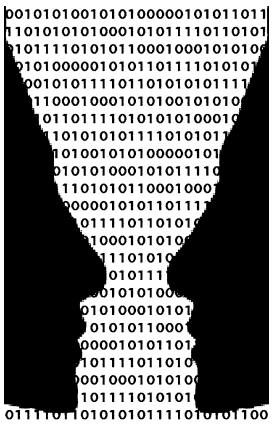
208 Gewissensbits – wie würden Sie urteilen?
210 Datenschutz CH und EU: Was wird wirklich neu?
212 Lug und Trug – Schattenseiten im Sport
217 Der Arbeitsmarkt für IT-Fachleute in Deutschland
227 Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Rul Gunzenhäuser
230 Zum Titelbild

DOI 10.1007/s00287-018-1105-2

Gewissensbits – wie würden Sie urteilen?

Christina Class,
Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Debora Weber-Wulff,
HTW Berlin

Die Gesellschaft für Informatik initiiert und fördert interdisziplinäre Diskurse zu ethischen und sozialen Problemen der Informatik. Hierzu veröffentlicht die Fachgruppe „Informatik und Ethik" der GI in dieser Kolumne jeweils einen hypothetischen, aber realistischen Fall zusammen mit einigen Fragen, die zur Diskussion anregen sollen. Diskutieren Sie auf http://gewissensbits.gi.de mit!



Fallbeispiel: Leistungsfähigkeit

Die vor wenigen Jahren gegründete Marktkette YourLife verkauft Lebensmittelprodukte, mit einem Schwerpunkt auf regionale Produkte, zusammen mit einem großen Sortiment an Drogeriemarktartikeln und Wellnessprodukten. Insbesondere im Bereich der Drogerieartikel versucht sie mit Eigenprodukten einen stabilen Marktanteil in Großstädten zu erreichen.

YourLife ist auch sehr aktiv im Internet und bietet zusätzlich zum Ladenverkauf Online-Shopping an. Diese Bereiche werden durch die Firma ITCompetenceForYou GmbH, ITC4U genannt, abgedeckt. ITC4U ist ein recht junges Unternehmen mit insgesamt 12 Angestellten.

ITC4U hat für YourLife auch einige Apps im Bereich Wellness und gesunder Lebensstil entwickelt, die Nutzer bei gesunder Ernährung, dem Abnehmen und regelmäßiger Bewegung im Alltag unterstützen sollen. Die Nutzer geben persönliche Daten sowie alle Aktivitäten ein und erhalten spezifische Tagespläne, Informationen und Anregungen, teilweise verbunden mit Ernährungstipps oder Hinweisen auf Nahrungsergänzungsmittel, die im YourLife-Online-Shop oder den Läden erhältlich sind. Die Apps können leicht mit den in den Märkten angebotenen Körperwaagen oder Blutdruckmessgeräten verbunden werden und weisen zusätzlich auf Sonderangebote im Markt hin, um so eine bessere Kundenbindung zu erreichen.

B. Lange arbeitet seit längerer Zeit intensiv daran, bei Frauen mit starken Zyklusbeschwerden durch gezielte Ernährungspläne und an den Zyklus angepasste Nahrungsergänzungsprodukte die Beschwerden zu lindern. Zusammen mit ITC4U hat B. Lange die App *Unbeschwert* entwickelt, die ihre aktuellen Ansätze beinhaltet. Die App erstellt basierend auf Gesundheitsdaten und Informationen zum aktuellen Wohlbefinden und Beschwerden Vorschläge für spezifische Gymnastikübungen und Ernährung. Unterstützt wurde die Entwicklung von YourLife, die ihre Mitarbeiterinnen bittet, den Prototypen der App zu testen. Die Daten werden nicht mit YourLife geteilt, sondern zur Verbesserung der App anonymisiert und an B. Lange weitergereicht. YourLife hat

die App bei den vorwiegend weiblichen Angestellten bekannt gemacht, um die Verbesserung des Prototypen zu unterstützen, bevor dieser groß angekündigt werden soll. Für diese Testzwecke steht die App nur auf dem internen App-Server, der nur nach Login mit der Personalnummer und einem PIN-Code erreichbar ist, zur Verfügung.

YourLife hat von Anfang an auf persönlichen Kontakt mit den Kunden gesetzt und daher eine große Personaldichte. In letzter Zeit hat es in einigen Filialen aber immer wieder längere Schlangen an den Kassen gegeben und die Personen, die eigentlich für die Beratung eingeteilt wurden, mussten dann auch an den Kassen einspringen. Um dies besser analysieren zu können und die Personalplanung insbesondere der Teilzeitangestellten zu optimieren, stellt YourLife alle Log-Daten der Scannerkassen der letzten 12 Monate zur Analyse zur Verfügung. ITC4U soll basierend auf diesen Daten ein System zur optimierten Personalplanung erstellen. Da sich die Kassiererinnen immer bei den Kassen einloggen müssen, wird ITC4U auch gebeten, eine Leistungsanalyse der Kassiererinnen basierend auf den Daten vorzunehmen. Die Personaldaten aller Kassiererinnen, die Voll- oder Teilzeit bei YourLife arbeiten, stehen ITC4U nicht zur Verfügung.

Andreas und Markus sind mit dieser Aufgabe betraut. Sie erstellen verschiedene Kennzahlen, um die Schnelligkeit an der Kasse zu beschreiben. Hierbei ergeben sich, wenn man die Zahlen detailliert analysiert, deutliche Unterschiede basierend auf der Tageszeit. Die Schlüsse daraus können vielleicht genutzt werden, Pausenzeiten besser zu planen. Auch zeigt sich deutlich, dass die Geschwindigkeit der einzelnen Personen von Tag zu Tag Unterschiede aufweist.

Als sie am Nachmittag beim Kaffee mit Clemens darüber sprechen, der für die Aufbereitung der Daten aus der App *Unbeschwert* für B. Lange zuständig ist, kommt Markus die Idee, man könne, sofern diese Daten auch irgendwie mit der Personalnummer verknüpft sind, die Daten ja mal mit den Performancedaten an der Kasse vergleichen. Nachdem sich die drei zuerst etwas erstaunt anschauen, da die Idee doch etwas gewagt scheint, nehmen sie es doch in Angriff. Tatsächlich kann Clemens die Personalnummer in den ihm zur Verfügung gestellten Daten erkennen. 20 Testnutzerinnen der App arbeiten auch an der Kasse und so sind schnell einige Auswertungen gemacht. Bei acht Frauen ergibt sich ein deutlicher Leistungsabfall in den ersten zwei Tagen des Zyklus, bei denen in der App größere Schmerzen eingetragen wurden, bei 12 weiteren Personen ist ein nicht signifikanter Effekt zu beobachten. Andreas grinst die beiden anderen an: „Naja, jetzt weiß ich wenigstens warum meine Liebste manchmal nichts auf die Reihe bekommt!“ Die anderen beiden grinsen zurück.

Im Teammeeting von ITC4U am Mittwoch machen die beiden ITC4U-Inhaber Thomas und Frank die Ankündigung, dass Frank sich aus gesundheitlichen Gründen aus der Teamleitung zurückziehen wird. Daher bitten sie um In-Haus-Bewerbungen. Clemens zieht hörbar die Luft ein. Andreas grinst ihn an. Das wäre der Traum von Clemens und er wäre super geeignet. Als dann aber Frank seine Stellvertreterin Martina bittet, die neuen Projekte vorzustellen, beschleicht Clemens ein komisches Gefühl. Es scheint, als hätten Frank und Thomas eigentlich schon einen neuen technischen Leiter – eine Leiterin – bestimmt. Martina ist die einzige Ingenieurin in der Firma.

Beim Bier abends macht sich Markus Luft. Er und die anderen sind mit Martina nie so recht warm geworden. Sie ist immer so ernst und professionell und hat keinen Sinn für Humor. Seit sie im Großraumbüro sitzt sei es weniger entspannt und lustig, die Arbeit würde nicht mehr wirklich Spaß machen. Wenn sie dann noch für die Projekte verantwortlich sei! Nein, das ginge gar nicht. Da schaut Andreas ihn an. Das sollte doch nicht so schwierig sein … Sie sei doch eine Frau und mit ihren Analysen letzte Woche hätten sie doch gezeigt, dass die Leistungsfähigkeit von Frauen zyklusabhängig sei. Die Firma kann sich niemanden leisten, der nicht immer voll einsatzfähig sei. Markus wirft ein, dass sie ja nur wenige Daten hätten und die Effekte nur bei acht Personen signifikant seien. Andreas wischt die Bedenken beiseite, immerhin hätten sie es da schwarz auf weiß und sie wüssten ja wohl alle, dass ihre Frauen manchmal schlechte Launen hätten. Da fangen sie alle drei an zu lachen. Markus bietet an, diese Ergebnisse morgen so nebenbei bei Thomas und Frank anzusprechen. Andreas hebt sein Glas: Auf Clemens, den neuen technischen Leiter!

Auf dem Nachhauseweg fühlt sich Clemens nicht sehr gut. Ob sie die Daten wirklich so weitergeben sollten? Vielleicht schadet das Martina mehr, als nur in Bezug auf die Bewerbung zur technischen Leiterin? Und was ist, wenn Thomas oder Frank die Daten so interessant finden, dass sie die Daten an YourLife weitergeben? Und überhaupt, riskieren sie Probleme, weil sie die Daten einfach so zusammengefügt haben?

Fragen

- Ist es richtig, In-Haus-Bewerbungen für eine Teamleitung bei einer so kleinen Firma zu verlangen? Soll-

ten die Geschäftsführer das nicht einfach selber bestimmen?
- Ist so eine Verknüpfung zweier Datenmengen zulässig? Es geschieht ja innerhalb der Firma. Wenn es rechtlich zulässig ist, ist es ethisch vertretbar?
- Gibt es rechtliche Vorschriften für eine Analyse von Performance-Daten? Müssen die Mitarbeiterinnen aufgeklärt werden darüber, was die Firma mit den Daten vor hat?
- Die App in vorliegendem Beispiel wurde gezielt für Frauen mit Beschwerden entwickelt. Schwächt dies die Aussage, die aus der Verknüpfung der Daten gezogen werden können?
- Data Mining ist ein nützliches Instrument, um Zusammenhänge zu entdecken, die man sonst nicht vermutet. Worin bestehen die Gefahren, die Zusammenhänge falsch zu interpretieren, zum Beispiel also eine Kausalität zu unterstellen? Wenn Zusammenhänge fest gestellt werden, sollen diese verwendet werden? Gibt es Gründe, festgestellte Zusammenhänge nicht zu verwenden?
- Wie wird die Signifikanz von Zusammenhängen festgestellt? Ist eine Aussage „signifikanter Zusammenhang“ objektiv?
- Es ist schwer, aus Daten gewonnene Zusammenhänge richtig zu interpretieren. Welche Voraussetzungen braucht es hierfür? Wie kann man Außenstehenden, welche die Methoden nicht kennen, die entdeckten Zusammenhänge erklären? Es können hierbei ja leicht Missverständnisse entstehen.
- Im beschriebenen Fall möchte Markus die Inhaber von ICT4U auf die wenigen Daten hinweisen, in denen Frauen zu Beginn des Zyklus etwas weniger leistungsfähig sind. Er möchte nicht darauf hinweisen, wie wenige Daten sie haben, und auch nicht direkt Martina ansprechen. Jedoch hofft er, dass diese Information Entscheidungen beeinflussen wird. Wie ist sein Verhalten zu bewerten? Wenn Frank und Thomas darauf anspringen, wie muss dann ihr Verhalten bewertet werden? Wie groß ist das Risiko, dass wir uns unbewusst durch auf diese Weise dargestellten und mit vermeintlich ausreichenden Daten „untermauerten“ Zusammenhänge beeinflussen lassen?
- Kennen Sie Beispiele von einem „allzu lockeren“ Umgang mit Zusammenhängen, die man in Daten gesehen hat? Hatten diese Beispiele negative Konsequenzen? Positive Konsequenzen?
- Wir Menschen tendieren oft dazu, andere in Schubladen zu stecken. Vergrößert sich diese Gefahr durch die zunehmende Datenanalyse? Oder werden wir vielleicht lernen, dass das Gegenüber nicht so leicht zu erfassen ist, je mehr verschiedene Zusammenhänge uns bekannt werden? Kann die Vielfalt von Informationen, die wir über unser Gegenüber erhalten, auch dazu führen, dass wir diese nicht mehr so leicht in Schubladen stecken?

Die Fachgruppe ist unter http://www.fg-ie.gi.de/ erreichbar. Unser Buch „Gewissensbisse – Ethische Probleme der Informatik. Biometrie – Datenschutz – geistiges Eigentum“ war im Oktober 2009 im Transkript-Verlag erschienen. Ein neues Werk ist in Arbeit.

Datenschutz CH und EU: Was wird wirklich neu?

Ursula Sury

Wir haben schon seit 26 Jahren ein Datenschutzgesetz!

Die Schweiz hat schon seit 26 Jahren ein Datenschutzgesetz und zwei ergänzende Verordnungen für Tätigkeiten von Privaten und Bundesorganen. Darin sind die wichtigsten Datenschutzanforderungen verbindlich geregelt. Wer Daten einer Person bearbeitet, muss:

- eine gesetzliche Grundlage oder eine Einwilligung haben (Warum)
- mit den Daten verhältnismässig umgehen (Minimum beim „Wer macht Was“: Zugriffe, Aufbewahrung und Archivierung regeln, etc.)
- sicherstellen, dass die bearbeiteten Daten inhaltlich richtig sind
- die Sicherheit, insbesondere die Informatiksicherheit, gewährleisten

Der Eidgenössische Datenschutzbeauftragte hat dabei den Auftrag, die Umsetzung des Datenschutzes mittels Empfehlungen, Informationen und Kontrollen durchzusetzen.

Analoges regeln die Kantone für Behörden von Kanton und Gemeinden. Die Kantonalen Datenschutzbeauftragten sind hier für die Unterstützung und Kontrolle der Umsetzung zuständig.

Auch in der EU gibt es seit 23 Jahren eine Datenschutzrichtlinie. Diese verpflichtet die einzelnen Länder der Union ihre Landesgesetze gemäss der Richtlinie auszugestalten. Je nach Land der EU ist die Datenschutzaufsicht unterschiedlich ausgestaltet.

Ein sorgfältig handelnder Verwaltungsrat und CEO müsste folglich:

- ein Überblick über die in der Unternehmung bearbeiteten Daten haben,
- die Datenschutzkonformität bei der Bearbeitung in allen Dimensionen prüfen,
- die Risiken (auch Legalrisks) bei der Bearbeitung managen.

Stand der Datenschutzmaturität in den Unternehmen

Die meisten Unternehmen haben sich bis in den letzten Jahren, trotz bestehendem Gesetz, kaum um den Datenschutz gekümmert. Dazu gibt es insbesondere folgende Gründe:

- Datenschutz beschäftigt sich mit der Bearbeitung von Informationen über Personen. Diese sind heute mehrheitlich digital gehalten, verarbeitet, transportiert etc. Dadurch wird das Thema aus Sicht des Managements der IT klassischen Unterstützungsprozessen zugeordnet.
- Digitales, also Virtuelles und nicht Sichtbares, entzieht sich immer noch unserem menschlichen Wertesystem. Wir könnten uns die Bedeutung in der Dimension der Persönlichkeitsverletzung oder der Geldwerte von Digitalem kaum vorstellen!
- Die Digitalisierung und somit die Möglichkeiten, aber auch Pflicht, mit und aus (auch personenbezogenen) Informationen (Big Data, IoT etc.) Werte zu schaffen, ist eher neu.
- Die Unternehmensgrenzen werden immer offener und kaum eine Unternehmung kann noch ohne Outsourcingverhältnisse leben. Dies ist nur schon an der intuitiven Verwendung von Apps durch Mitarbeitende ersichtlich.
- Und nicht zuletzt: Datenschutzverletzungen ziehen bis anhin kaum Strafen mit sich.

Wann kommen welche Gesetze und wie sind diese anwendbar?

Die EU setzt am 25. Mai 2018 die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO oder auf Englisch GDPR) in Kraft. Diese Verordnung ist für die einzelnen Länder der Union direkt anwendbar. Eine gewisse Gestaltungsfreiheit besteht aufgrund von Öffnungsklauseln, die eine Konkretisierung, Ergänzung oder Modifikation zulassen, aber niemals einen Widerspruch.

Die Schweiz hat ihr Datenschutzgesetz ebenfalls überarbeitet. Es liegt ein Entwurf vor, der eventuell in zwei Etappen im Jahre 2019 in Kraft treten wird, so der Bundesrat.

Welche Änderungen der Entwurf noch erfahren wird, ist offen. Sicher wird aber das Schweizer Gesetz sowohl vom Wording als auch vom Inhalt her nahe an der DSGVO sein.

Eine Herausforderung für Schweizer Unternehmer ist, dass die EU betreffend der Anwendbarkeit ihrer DSGVO vom Marktortprinzip und Personenprinzip ausgeht, d. h. wer Daten einer Person, die dauernden Wohnsitz in der EU hat, bearbeitet (Angebot von Waren oder Dienstleistungen in der EU; allgemeine Übernahme von Datenbearbeitungen von Personen aus der EU), unterliegt den Regelungen der DSGVO. Natürlich liegt hier der Teufel im Detail und entsprechen muss im Einzelfall abgeklärt werden.

Wenn aber auch nur für einzelne Personengruppen die DSGVO anwendbar ist, muss aus Gründen der Praktikabilität das ganze Managementsystem entsprechend aufgebaut werden.

Die wichtigsten Neuerungen im Überblick

Folgende Punkte sind sowohl für die Schweiz als auch für die EU zu beachten:

- Wer den Datenschutz verletzt, wird sanktioniert. Dies können sehr hohe persönliche Geldstrafen (CH; VR und C-Level) oder Verwaltungsstrafen für Unternehmen (EU) sein.
- Der betroffenen Person muss klar sein, was mit ihren Daten warum gemacht wird. Dies bedeutet, dass die Einverständniserklärungen genügend klar sind.
- Bezüglich Kindern sieht die EU vor, dass eine Einverständniserklärung der Erziehungsberechtigten vorliegen muss, was zur Folge hat, dass Unternehmen das Alter ihrer User kennen und ggf. eine zusätzliche Sicherheitsstufe vorsehen müssen.
- Die Transparenz für die betroffene Person impliziert, dass über den ganzen Lifecycle der Datenbearbeitung Klarheit herrscht, d. h. wie mit den Personendaten umgegangen wird etc. Dazu gehört auch die Information über Outsourcingverhältnisse, weil damit für die Betroffenen erhöhte Risiken verbunden sind.
- Beim Outsourcing ist abzuklären und zu kontrollieren, dass die Bearbeitungen nur im Rahmen des gesetzlich zulässigen erfolgen.
- Zur Umsetzung des Datenschutzes gehört, dass man dokumentiert, welche Datenbearbeitungen warum erfolgen (Gesetz oder informierte Einwilligung).

- Die IT und die Organisation muss im täglichen Betrieb und im Rahmen von Projekten den Datenschutz zwingend abbilden: Privacy by Design und Privacy by Default. Auch dies muss nachgewiesen werden.
- Im Betrieb – aber vor allem im Rahmen von Projekten – muss immer abgeklärt werden, welchen Einfluss dies auf Personendaten haben könnte: Privacy Impact Assessment.
- Datenschutzverletzungen müssen (mindestens ab einer gewissen Schwere) der Datenschutzaufsicht gemeldet werden.

Kurz gesagt, Unternehmensverantwortliche tragen das Risiko grober Sanktionen, wenn sie den Datenschutz nicht nachweisbar umsetzen. Das Abfassen von allgemeinen Datenschutzerklärungen genügt nicht. Diese müssen konkretisiert und dann im Unternehmen umgesetzt werden.

Zusammenfassung

- Der Datenschutz wird nicht grundsätzlich neu geregelt, es wird vor allem deren nachweisbare Einhaltung mittels harter Sanktionen eingefordert.
- An die Einwilligungen durch die Betroffenen und damit die Transparenz in die Datenbearbeitung (Homepage) werden erhöhte Anforderungen gestellt.
- Datenschutzverletzungen müssen der Datenschutzaufsicht gemeldet werden.

Ursula Sury ist selbständige Rechtsanwältin in Luzern, Zug und Zürich (CH) und Vizedirektorin an der Hochschule Luzern - Informatik. Sie ist zudem Dozentin für Informatikrecht an verschiedenen Nachdiplomstudien. Die Autorin ist hauptsächlich im Bereich Informatikrecht und Datenschutz tätig.

Lug und Trug – Schattenseiten im Sport

Hans-J. Lenz,
Freie Universität Berlin

Ein Freizeitsportler, der diese Zeilen liest, wird sich spontan fragen, was sein Sport mit Datenbetrug denn überhaupt zu tun haben soll. Jeder Mensch hat in seinem bisherigen Leben Sport in irgendeiner Form betrieben und das aus gutem Grund, sei es nur aus Spaß im Kindergarten, als Jugendlicher in der Freizeit zur Stärkung des Selbstbewusstseins oder als Schulsport zwangsweise. Schon die alten Römer wussten „Mens sana in corpore sano" – Geist bleibt fit, wenn der Körper fit ist. Denn der Sport fördert in Maßen genossen nicht nur die Gesundheit, sondern bietet Ausgleichs- und Freizeitvergnügen, wichtig bei immer stärker schrumpfender Lebensarbeitszeit. Er stellt an die Aktiven die Herausforderung, den inneren Schweinehund zu überwinden und fördert beiläufig beim Mannschaftssport die Teamfähigkeit.

Wie jeder weiß, wurde Sport nicht erst mit Turnvater Jahn und seinem Drill populär. Als „Schmankerl" gibt es für Sportler und Sportlerinnen hin und wieder einen Preis für ausgezeichnete Leistungen – im wahren Amateursport eher mit hohem ideellen und weniger geldlichen Wert. Das reicht von Lob und Anerkennung, über Sieger- und Teilnahmeurkunden bis hin zu Pokalen, Trophäen und kleinen Aufmerksamkeiten. So kann der Autor sich an den Gewinn der Landesmeisterschaft im Fußball der fünften Klassen der Berliner Grundschulen im Jahr 1953 erinnern. Jedem Spieler meiner Elf überreichte der Schulrektor, sicherlich aus seiner Privatschatulle finanziert, aus Anerkennung und als Dankeschön eine 100g-Tafel Vollmilchschokolade – in damaliger Zeit von uns als eine echte Belohnung empfunden.

Womit wir beim Thema sind und vom „reinen" Amateursport zum Profisport in heutiger Zeit wechseln können. Dieser „bereicherte" quasi das Streben nach unterhaltsamer Freizeitbeschäftigung, Fitnessvorsorge und Teamgeistschulung um ein weiteres, ganz entscheidendes Nebenziel der „Leibesertüchtigung": Profiterzielung. Das heutige Motto der Olympischen Spiele und damit des Sports in seiner gesamten Vielfalt lautete von Anbeginn an bekanntlich „Schneller, höher, stärker". In Anbetracht von Schummeleien und handfesten Betrügereien im Zusammenspiel mit sozial gesehen anstößig hohen Vergütungen sowie Steuertricksereien, die mit dem modernen Spitzensport einhergehen und über die im Einzelnen noch zu berichten sein wird, könnte man ironischer Weise das olympische Motto in „Schneller, höher, reicher" ummünzen. So gesehen lag Pierre de Coubertin, der Begründer neuer olympischer Spiele völlig daneben, wenn er meinte „Teilnehmen ist wichtiger als Siegen". Denn trotz Fleiß aber ohne Sieg gibt es nicht nur im Leistungssport keinen (Geld-) Preis!

Will man Lug und Trug im Sport und den dadurch induzierten Datenbetrug unter die Lupe nehmen, so reicht es nicht aus, nur den einzelnen Sportler im Auge zu behalten. Vielmehr ist auch das sportliche Umfeld von großer Bedeutung und anfällig für oft „von oben" veranlasste Betrügereien. Denn was kann der professionelle Eissportler ohne Eisstadion, der Leichtathlet oder Fußballer ohne Stadion, der Skispringer ohne Sprungschanze oder der Skiläufer ohne abgeholzte und mit Kunstschnee bestens präparierte Rennpiste anfangen, ganz abgesehen von der Bereitstellung eines Trainer- und Ärzteteams sowie direkter oder indirekter staatlichen Förderung des Spitzensports? Es ist im Profisport nicht mehr so wie in den Anfängen des Fußballs: Freifläche, kugelförmiger Gegenstand (Fußball), markierte Torbereiche und zwei gegnerische Teams – los kann's gehen. Vielmehr bedarf es eines breit und tief aufgestellten Umfelds mit Einzelsportlern, Mannschaften, Organisationen oder Verbänden auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene. Dazu gehören weiterhin TV-Anstalten, oder staatlichen Institutionen wie Kommunen, Städte, Länder und deren Regierungen, die den Sport massiv fördern. Kein Wunder, dass es in einem solchen Netzwerk an unterschiedlichen Stellen immer wieder knirscht.

Werfen wir zuerst einen Blick auf Schummeleien mit Daten im Wintersport, die noch zum Schmunzeln anregen. So überprüfte der Kölner Ski-Journalist Schrade anhand von Geodaten die Pistenlängen von 50 Top-Skigebieten in Deutschland, Frankreich, Österreich und der Schweiz im Jahr 2013. „Im Schnitt liegen die angegebenen Pistenkilometer bei 140 Prozent der tatsächlichen Kilometer", Tagesspiegel (25. 2. 2013, S. 25). Der Haken solcher Angaben liegt, wie so oft bei solchen Aussagen, bei der Definition und damit der Berechnungsgrundlage. Ist es die direkte Fahrlinie oder eine ausgedachte Zick-Zack-Linie mit Querschwüngen? Alle kennen ähnliche Probleme von den Angaben der Automobilhersteller über die (zu niedrig) angegebenen typspezifischen Soll-Kraftstoffverbrauchs- und Emissionswerte von Neuwagen. Zwei krasse Ergebnisse bei den Gesamtlängen der Skipisten allerdings legen den Verdacht auf Schummelei nahe: Im Schweizer Wallis bietet das „4 Vallées-Gebiet" statt angepriesener 412 km nur 164 km, und Hochzillertal-Hochfügen in Tirol wirbt mit Pisten von 181 Kilometern. Schrades Vergleichsmessungen erbrachten nur 75 km. Sicher, an etwa 40 %-Abweichung geht die Freude am Skilaufen nicht unter. Es zeigt sich aber hier das Phänomen, dass der Kommerz den Sport weitgehend durchdrungen hat. Kürzer formuliert, „Geld verdirbt den Charakter". Eins ist klar, klimatische Veränderungen, steigende Kosten und stetig zunehmender Wettbewerb im Wintersport zwingen die Vermarkter der Skigebiete mit deren Vorzügen zu prahlen. Die Grenze von Prahlerei und Aufschneiden zu Schummelei und Datenbetrug war, ist und bleibt unscharf.

Die große Mehrheit der Leser wird mit Betrug und Datenfälschung im Sport nicht (harmlose) Messabweichungen und Ähnliches in Verbindung bringen, sondern an erster Stelle an Doping von A wie Armstrong bis Z wie Zülle denken. Werfen wir daher zuerst einen Blick auf die Akteure wie Staaten, Organisationen und Unternehmen. Die ARD-Dopingredaktion berichtete in der Sendung „Geheimsache Doping", 29. 1. 2018, 22:45–23:50, nicht nur von der Verzahnung des russischen Wintersports mit höchsten Regierungsstellen, um sog. Staatsdoping mittels ausgetauschter Urinproben wie bei den olympischen Winterspielen in Sotschi 2014 auf breiter Basis geschehen, zu vertuschen, sondern auch im Vorfeld der Winterspiele von Pyeongchang (Südkorea) von nicht fälschungssicheren Urinfläschchen, die für die Aufbewahrung der A- und B-Proben benutzt werden sollten. Öffnen, umfüllen, schließen – perfekt sind Manipulation einer Probe und nebenläufig die Datenfälschung. Im Gegensatz zu ersten Verlautbarungen des Herstellers, des Schweizer Unternehmens Berlinger und der WADA – der Welt-Anti-Doping-Agentur –, der Verschluss der Fläschchen sei nunmehr ohne Zerstörung nicht zu öffnen, konnte die Redaktion um Hajo Seppelt im Test zeigen, dass sich die Flaschen sehr wohl bei entsprechender Kältebehandlung unzerstört und nicht nachprüfbar öffnen sowie wieder schließen ließen. Wie später WADA und Berlinger bekanntgaben, wird der Hersteller die Belieferung des IOC mit diesen Fläschchen einstellen, Tagesspiegel (11. 3. 2018).

Neben dem Staatsdoping, wie es jüngst in Russland und in etlichen ehemaligen Ostblockländern einschließlich der DDR über Jahrzehnte unter staatlicher Billigung und Aufsicht durchgeführt wurde und mit dem massive Datenfälschungen einhergingen, gibt es Vergleichbares auch auf Vereins- und Verbandsebene. Die großen Erfolge US-amerikanischer Leichtathleten und -Athletinnen bei Weltmeisterschaften und Olympischen Spielen über 100, 200 oder 400 m, Weitsprung usw. – hier

sind beispielsweise die überführten Dopingsünder Justin Gatlin oder Marion Jones zu nennen – und die der Rennradfahrer bei der Tour de France wie Eddy Merckx, Rudi Altig, besonders krass Lance Armstrong (sieben Siege ab 1998) sowie Floyd Landis, sind ohne Vereins-, Verbands- und Teamabsicherung undenkbar. Beim Doping selbst und bei den nötigen Datenfälschungen, um die Betrügereien zu vertuschen, spielen auch Ärzte wie der spanische Radteam- und Sportarzt E. Fuentes, verurteilt 2013 zu einem Jahr Haft mit Bewährung und vier Jahren Berufsverbot, sportschau.de (30. 4. 2013) oder der deutsche Sportmediziner A. Klümper, Albert-Ludwigs-Universität, Freiburg, eine entscheidende Rolle, ZEIT ONLINE (23. 6. 2017). Die Bandbreite der Dopingmittel ist erschreckend. Zu den verabreichten Substanzen – Sportler und Trainer sprechen hier von „Einstellen der Athleten" mit Blick auf die großen Wettkämpfe – gehören Anabole Steroide zum Muskelaufbau, EPO als Abkürzung für Erythropoetin zur besseren Sauerstoffversorgung der Muskulatur, Stimulanzen wie Kokain und Amphetamin zur Verbesserung der Konzentration – beliebt auch bei einigen Sportschützen –, Opioide wie Morphin, die beruhigend („für eine ruhige Hand") wirken und Eigenblutdoping mit einer EPO-ähnlichen Wirkung. Wie unscharf die Trennlinie zwischen Doping und Reha-Maßnahmen ist, zeigt der Fall des deutschen Nationaltorwarts M. Neuer. Dieser will und aus DFB-Sicht soll trotz seines erneuten Mittelfußbruchs rechtzeitig zur Fußball-WM 2018 in Russland fit werden. Die Nationale Anti-Doping-Agentur NADA wurde auf den Plan gerufen als in der Presse bekannt wurde, dass eine Eigenblutttherapie eingesetzt wurde, bei „der Blut abgenommen, in seine Bestandteile zerlegt und das plättchenreiche Blutplasma für eine schnellere Heilung wieder zurückgespritzt" wird, BR Sport online (28. 3. 2018). Neuer verneint die Anwendung einer *Eigenblutttherapie* und bestätigt den erfolgreichen Einsatz einer *Stammzellen-Kur* während seiner Reha. Wie BR Sport online weiter berichtet, steht diese ebenfalls nicht auf der Dopingliste und gilt unter Experten grundsätzlich als unbedenklich. Die NADA hat den Fall noch nicht endgültig bewertet. Wie schmal der Grat zwischen Heil- und Dopingmittel ist, zeigt auch der Fall der norwegische Skilangläuferin Therese Johaug, die sich im Hochsommer 2016 ihre Lippen beim Höhentraining verbrannte, A. Vögtli in farmacista astrea (Heft März 2018). Eine vom Teamarzt verabreichte Creme half, enthielt aber mit Clostebolacetat, einem anabolen Steroid, ein indiziertes Dopingmittel. Auf dem Beipackzettel war ein deutlicher Hinweis, den der Arzt aber versehentlich übersah. Die Einnahme des Steroids wurde bei einer späteren Dopingkontrolle entdeckt. Die Skiläuferin bekam dafür eine achtzehnmonatige Sperre.

Wenden wir uns nunmehr den internationalen Sportorganisationen wie IAAF, IOS, Fifa und Uefa zu. Diese sind bekanntlich international zuständig für Leichtathletik und Fußball und organisieren Vergabe und Durchführung von Weltmeister- und Europameisterschaften sowie der Olympischen Spiele. Eine moralisch besonders anstößige Wahl war die des Austragungsorts für die Olympischen Sommerspiele 1996 unter Leitung des damaligen IOC-Präsidenten Juan A. Samaranch. Athen, Gastgeber der Spiele von 1896, galt als die historisch gesehen beste Wahl für deren Austragung 100 Jahre später. Wie die Wahlunterlagen aus den insgesamt fünf Runden zeigen, war Athen bis zu Runde 3 mit vorn, ab der vierten Abstimmungsrunde führten die USA bzw. Coca-Cola-Stadt Atlanta mit 34:30 und gewannen letztlich den Zuschlag in Runde fünf mit 51:35 Stimmen. Lieber Leser, warum wohl? Honi soit qui mal y pense. Das Hamburger Abendblatt (16. 3. 2015) schrieb in einem aufschlussreichen historischen Rückblick auf Tricksereien bei der Vergabe: „Die Griechen schaffen es in die letzte Runde, dann folgt das IOC der Logik des Geldes". Oder wie die englische Tageszeitung „The Independent" seinerzeit titelte: „Faster, higher, stronger, soapier". Licht und Schatten wie bei fast allen solchen Veranstaltungen gab es auch bei Deutschlands Sommermärchen, der umjubelten Fußballweltmeisterschaft 2006 im eigenen Land. Hier steht nicht der begeisternde Angriffsfußball des jungen deutschen Teams im Vordergrund, sondern die schmutzige Affäre um die ominöse Zahlung von 6,7 Millionen Euro, ausgekungelt in dunklen Hinterzimmern. Das Geld floss in 2002 von einem Konto vom Ehrenspielführer der deutschen Fußballnationalmannschaft, dem „Kaiser" Franz Beckenbauer, und seinem langjährigen, erfahrenen Manager Robert Schwan über die Schweiz auf ein Konto in Katar. Das gehörte zu dem Firmengeflecht des einflussreichen ehemaligen Fifa-Vizepräsidenten Bin Hamman, Tagesspiegel (14. 1. 2018). Kettentransfers und Datenfälschung sind Indizien, die die Aussagen von Beckenbauer, es handle sich um einen „Organisationskostenzuschlag des Weltverbandes", unglaubwürdig erscheinen lassen. Adidas-Chef Louis-Dreyfus gewährt Beckenbauer

im Gegenzug ein gleich hohes Darlehen und bekam diese Summe über ein Konto der Fifa zurückerstattet, offensichtlich um die Bestechung zu vertuschen. Selbst der ehemalige Fifa-Boss S. Blatter stellte die Fragwürdigkeit der Transfers infrage. In der Steuererklärung des DFB für 2006 tauchte der dubiose Betrag als Kostenbeitrag zur „WM-Gala" auf, die aber nie stattfand. Die hessische Steuerfahndung fordert wegen Steuerhinterziehung konsequenterweise eine Nachzahlung von 19,2 Mio. Euro vom Deutschen Fußballbund, Tagesspiegel (14. 1. 2018).

Wer gutgläubig glaubt, nachdem viele Funktionärsköpfe auf nationaler und internationaler Ebene gerollt waren – siehe die Personalveränderungen bei IOC, Uefa und Fifa – sei nunmehr die Vergangenheit bewältigt („The Past is Past"), sieht sich bitter getäuscht. Denn „Business as usual" ist weiter angesagt auf höchster Sportebene, siehe die Vergabe der Fußball-WM 2022 an Katar, die während des arabischen Hochsommers stattfinden soll und der Sommerspiele 2016 an Brasilien in Rio de Janeiro, einer Stadt mit allergrößten sozialen, wirtschaftlichen und finanziellen Nöten. Alle diese Entscheidungen waren untrennbar mit Bestechung als Teil von Korruption und Datenfälschung zum Vertuschen der Betrügereien verbunden, Focus (16. 11. 2017), Tagesspiegel (29. 6. 2017). Zu den olympischen Spielen in Rio nur so viel: Der Organisationschef C. A. Nuzman wurde wegen des Vorwurfs des Stimmenkaufs bei der Olympia-Vergabe festgenommen. Dem Sohn des IOC-Mitglieds aus Senegal, L. Diack, sollen drei Tage vor der Abstimmung zwei Mio. US $ von einem brasilianischen Unternehmer überwiesen worden sein, Tagesspiegel (6. 10. 2017). Eine letzte Anmerkung zur WM-Vergabe nach Katar: „Mehr als 40 Personen haben sich inzwischen schuldig bekannt, über zwei Jahrzehnte lang insgesamt mindestens 150 Mio. US-Dollar an Schmiergeldern angenommen zu haben", Focus (16. 11. 2017).

Scheinbar ist vornehmlich der internationale Sport besonders betrugsanfällig, wohl wegen der Milliardenbudgets und der damit verbundenen höheren Chancen für Funktionäre, Geld abzugreifen. Betrügereien gibt es auch auf nationaler Ebene, in Erinnerung dürfte noch der Bundesligaskandal von 1971 sein. Oftmals geht es nicht um Geld, sondern um Manipulationen rund um die sportlichen Aktivitäten selbst. Eine solche bandenmäßige Manipulation haben sich drei australische Kricketspieler jüngst geleistet, wie der Tagespiegel (31. 3. 2018) mit gewisser Häme über die Kricket-Weltmacht Australien berichtet. Bei einem Turnier dieser ausgesprochenen Herrensportart haben der Schlagmann, sein Team- und Vizekapitän den Ball mit einem Klebeband zu präparieren versucht, um dessen Flugeigenschaften für das Team günstig zu verändern. Das Fernsehen lieferte in der Live-Übertragung allerdings gleich den Beweis, und das unfaire Trio wurde unverzüglich zwölf Monate für das Nationalteam gesperrt.

Von ganz anderem Kaliber sind bandenmäßige Manipulationsversuche bei Sportwetten wie Pferderennen, Fußballspielen usw. in aller Welt, insbesondere getätigt in Osteuropa und Asien. So gelang der slowenischen und kroatischen Polizei ein Schlag gegen die sog. Wettmafia, einem kriminellen Netzwerk von neun Beschuldigten in Slowenien und zwei in Kroatien, Tagesspiegel (20. 12. 2017). „Die Beschuldigten haben danach Spiele im Profifußball Serbiens, Mazedoniens und Tschechiens manipuliert und dazu illegale Wetten vor allem in Asien platziert", ebenda, S. 22. Grund für deutsche Leser, die Nase mit einem Hinweis auf „Balkan" zu rümpfen, besteht nicht. Denn der Fußball-Wettskandal von 2005 um den deutschen Schiedsrichter Robert Hoyzer und andere sollte noch in guter Erinnerung sein. Hierbei ging es um ungerechtfertigte Strafstöße, angebliche Schiedsrichterbeleidigungen und nicht korrekt verhängte „rote Karten". Hoyzer gab zu, einige Spiele der zweiten Fußball-Bundesliga, des DFB-Pokals und der Fußball-Regionalliga damit so beeinflusst zu haben, dass die Wettergebnisse, auf die absprachegemäß gewettet wurde, erzielt wurden. Obwohl seit 2005 der DFB mit dem Wettüberwachungsspezialisten „Sportradar" zusammenarbeitet, berichtete unlängst der WDR in seinem Magazin „Sport Inside" über weitere Verdachtsmomente bei Torwetten-Einsätzen in der Bundesliga im Zeitraum 2010–2015, Tagespiegel (25. 2. 2017). Der Bericht greift auf eine Studie der Unis Bielefeld, Pennsylvania und West Virginia zurück. Dabei dreht die Wette sich darum, ob weniger oder mehr als zweieinhalb Tore je Partie erzielt werden. Bei drei von 26 Schiedsrichtern haben die statistischen Analysen „einen deutlichen Zusammenhang zwischen der Höhe der Wetteinsätze und der Schiedsrichterbesetzung" ergeben, ebenda, S. 14.

Wie schmutzig die Geschäfte im modernen Profifußball auf internationaler Ebene geworden sind, vornehmlich in der Champions League, hat die Plattform *Fußball-Leaks* als größtes Datenleck in der Geschichte des Sports mit 18,6 Mio.

Dokumenten aufgezeigt, Der Spiegel (19/2017, S. 90–93). Da ist zum einen der finanzielle Einfluss von Sportausrüstern wie Adidas, Nike oder Puma, die in Vereine wie Bayern München, Atlético Madrid und Real Madrid sowie Barcelona Millionen bis Milliarden investieren und diese am Verkauf von Lizenzprodukten beteiligen. Sie machen die reichsten Klubs nicht nur reicher, sondern die Finanzspritzen werden auf verschiedenen Transferwegen verabreicht. Der Spiegel (19/2017, S. 92) berichtete, dass in einem streng vertraulichen Entwurf zum Vertrag von 2011 zwischen Adidas und Real Madrid der Sportartikelausstatter einen Teilbetrag von 40 Mio. Euro in bar zu leisten hätte. Solche Summen passen erfahrungsgemäß in kaum einen Geldkoffer und sind selbst in einem kriminellen Milieu ungewöhnlich. Der Verdacht auf Datenbetrug, schwarze Kassen und Steuerbetrug drängt sich auf. Zu einem zunehmend Kapital-orientierten Vereinsmanagement gehört auch die große Rolle von landesübergreifenden Investorengruppen, die Anteile von Transferrechten an Supertalenten im Fußball gegen Finanzinvestitionen erwerben. Bis 2015 die Fifa das verbot, war dieses Geschäftsmodell unter dem Namen „Third-Party-Ownership (TPO)“ gang und gäbe, Der Spiegel (19/2017, S. 92). Russische Oligarchen und zwielichtige asiatische Investoren steigen in europäische Klubs mit Geld ein und unterwandern diese, der Fall Neymar beim Wechsel von Barcelona nach Paris St. Germain ist nur einer von vielen. Die Autoren R. Buschmann und M. Wulzinger präsentieren weitere Details in dem Spiegel-Buch „Football Leaks Die schmutzigen Geschäfte im Profifußball“, DVA, 2017. Weiterhin bereitet dieser Kreis von Investoren auch deshalb Sorge, weil Wettpaten darunter sind, die mittels Spielmanipulationen Riesengewinne einzufahren beabsichtigen, Der Spiegel (26/2017, S. 104–107).

Wenden wir uns zum Abschluss wieder den Spielern zu, dem „Human Capital“, dessen Gesamtbuchwert von größtem wirtschaftlichen Interesse für jeden Fußballverein im Profigeschäft und für dessen internationales Renommé ist. Bei den europäischen Spitzenklubs im Fußball liegt die Größenordnung knapp unter 1 Mrd. Euro. Da, wie oben gesehen, Investoren, Spielerberater, Headhunter und Spielagenten rund um das eigentliche Fußballgeschehen aktiv sind, und Bestechung, Geldwäsche sowie Steuerhinterziehung nicht immer keine Rolle spielen, ist klar, dass auch die von diesen betreuten, internationalen Spitzensportler Schwierigkeiten mit den Finanzbehörden bekommen. Spektakuläre Fälle von Steuerhinterziehung in Millionenhöhe im Fußball betrafen zuletzt die Spieler Xabi Alonso, Tagesspiegel (22. 3. 2018), Ch. Ronaldo und Trainer José Mourinho, Tagespiegel (21. 6. 2017) sowie die Spieler Mesut Özil, Tagesspiegel (3. 12. 2016) und Lionel Messi vom FC Barcelona. Letzterer hat Ende 2016 fast zwölf Millionen Euro an die spanische Finanzbehörde, Agencia Tributaria, nachzahlen müssen, Süddeutsche Zeitung (12. 1. 2018). Die damit einhergehenden Manipulationen und Fälschungen von Dokumenten gehen in die Tausende. Die nationalen Finanzbehörden setzen auf Anzeigen, Zeugen, Whistleblower und die Kronzeugenregelung. Wo bleiben eigentlich die „Goldschürfer“, die Big Data Analytiker, die lauthals anpreisen, alle Arten von Auffälligkeiten aufzudecken?

Gibt es bei derart umfangreicher Schattenseite des Sports noch eine positive Perspektive? Da der Sport Teil unserer Gesellschaft ist und sich dort ähnliche Probleme in verschiedenen Lebensbereichen zeigen, bleibt dem Verfasser nur an den alten Spruch „Vertrauen ist gut, Kontrolle ist besser“ zu erinnern, der dem Erzgegner des Kapitalismus, W. I. Lenin, zugeschrieben wird. Überlassen wir das dann aber bitte schön nicht allein den Algorithmen!

Der Arbeitsmarkt für IT-Fachleute in Deutschland

Ralf Beckmann, Susanne Lindner
Bundesagentur für Arbeit
Statistik/Arbeitsmarktberichterstattung

Der Arbeitsmarkt für IT-Fachleute[1] hat sich 2017 sehr gut entwickelt. Nach wie vor gibt es nur wenig Arbeitslose mit IT-Berufen. Das Vordringen der Informatik in nahezu alle Arbeits- und Lebensbereiche geht einher mit einem überdurchschnittlichen Zuwachs an Arbeitsplätzen für Computerfachleute in den letzten Jahren. Die Nachfrage nach neuen Mitarbeitern bewegte sich, gemessen am Bestand der 2017 bei der Bundesagentur für Arbeit gemeldeten Stellen, auf Höchstniveau. Gleichzeitig hatten Unternehmen Schwierigkeiten, ihre vakanten Stellen für hochqualifizierte Softwareentwickler zu besetzen. Eine steigende Zahl von Absolventen eines Informatikstudiums könnte einen Beitrag zur Fachkräftesicherung leisten.

Erwerbstätigkeit und sozialversicherungspflichtige Beschäftigung

Erwerbstätigkeit nimmt weiter zu

Rund 983.000 IT-Fachleute waren laut Mikrozensus 2016[2] in Deutschland tätig. Das waren fünf Prozent mehr als im Vorjahr. Damit setzt sich der Wachstumskurs der letzten Jahre fort. Von 2012 bis 2016 hat die Zahl der erwerbstätigen IT-Fachleute um insgesamt 120.000 zugenommen. Zu den Erwerbstätigen zählen neben den sozialversicherungspflichtig Beschäftigten, die den Hauptteil ausmachen, unter anderem Selbständige und Beamte sowie geringfügig Beschäftigte.

Vor allem die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung wächst

Das Wachstum der Erwerbstätigkeit speist sich zum großen Teil aus einer Zunahme der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung. Die Beschäftigtenstatistik der Bundesagentur für Arbeit, für die bereits Daten für das Jahr 2017 vorliegen, weist rund 755.000 IT-Fachleute aus, die in Deutschland sozialversicherungspflichtig beschäftigt waren. Im Vorjahresvergleich zeigt sich ein Beschäftigungsplus von 38.000 Personen (+5 Prozent), nachdem es in den Jahren davor bereits kräftige Zuwächse gegeben hatte. 45 Prozent der Beschäftigten verfügen über einen Fachhochschul- oder Hochschulabschluss (Abb. 1).

Beschäftigungszunahme auch in Krisenzeiten

Die Statistiken über die Erwerbstätigkeit und die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung wurden 2011/12 auf die neue „Klassifikation der Berufe 2010“ umgestellt. Die neue Systematik der Berufsabgrenzungen weist deutliche Unterschiede zu der bis dahin verwendeten Klassifikation aus dem Jahre 1988 auf. Das hat zur Folge, dass die aktuellen Angaben zu Berufen nicht mit den Jahren vor 2012 vergleichbar sind.

Das Wichtigste in Kürze

- Die Zahl der erwerbstätigen IT-Fachleute ist 2016 auf 983.000 gestiegen.
- Der Anstieg geht vor allem auf die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung zurück. Die Statistik weist hier für Juni 2017 rund 755.000 IT-Fachleute aus. Das waren fünf Prozent mehr als im Vorjahr.
- Die Nachfrage nach IT-Fachleuten bewegt sich, gemessen am Bestand der 2017 gemeldeten Arbeitsstellen, auf Höchstniveau. Mit 17.000 Jobangeboten überstieg der Stellenbestand den des Vorjahres um ein Viertel.
- Engpässe bei der Stellenbesetzung zeigen sich, wenn Experten in der Softwareentwicklung und IT-Anwendungsberatung gesucht werden, deren Kenntnisse einem mindestens vierjährigen Informatikstudium entsprechen.
- Die Zahl der Arbeitslosen mit einem IT-Beruf ist gegenüber dem Vorjahr um vier Prozent gesunken auf 25.000. Mit einer Arbeitslosenquote von etwa 2,5 Prozent fällt sie gering aus.
- In den letzten Jahren steigen die Absolventen- und die Studienanfängerzahlen.
- Insgesamt verzeichnete der Studienbereich Informatik im Studienjahr 2016/17 rund 206.000 Studierende. Das waren sechs Prozent mehr als im Jahr zuvor.

Allgemeine Aussagen zur Beschäftigungsentwicklung in IT-Berufen sind jedoch auf Grundlage der „alten“ Klassifikation bis zum Jahr 2011 möglich: Nach der Jahrtausendwende führte der Zusammenbruch

[1] In diesem Kapitel wird der Gesamtarbeitsmarkt für IT-Kräfte, unabhängig vom Berufsabschluss, betrachtet. Auf die Situation von Akademikern wird dabei als Teilgröße eingegangen.

[2] Bei dieser Zahl handelt es sich um eine Hochrechnung, die auf einer Ein-Prozent-Haushaltsstichprobe basiert und deshalb naturgemäß mit Unschärfen verbunden ist.

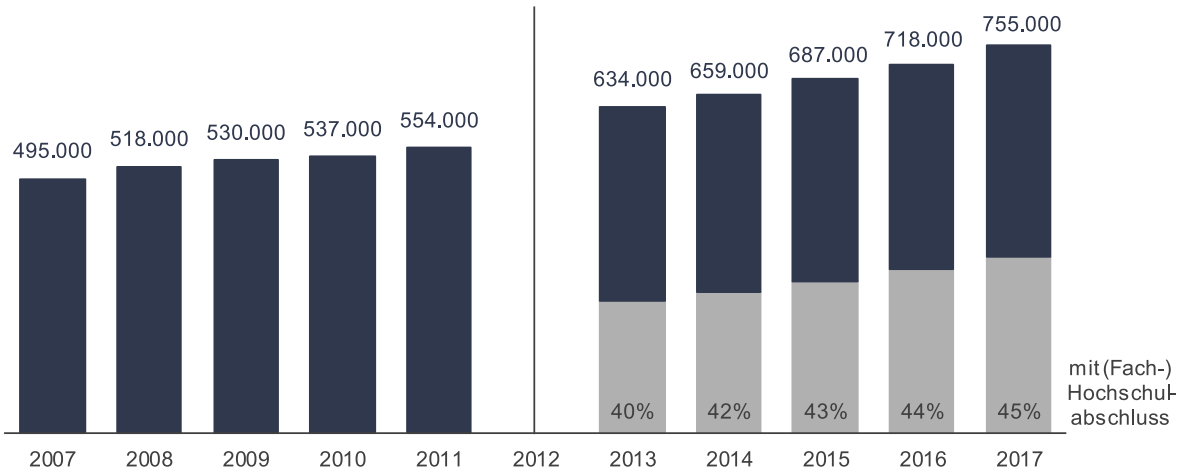


Abb. 1 Sozialversicherungspflichtig beschäftigte IT-Fachleute; Bestand, 30. Juni 2017. Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

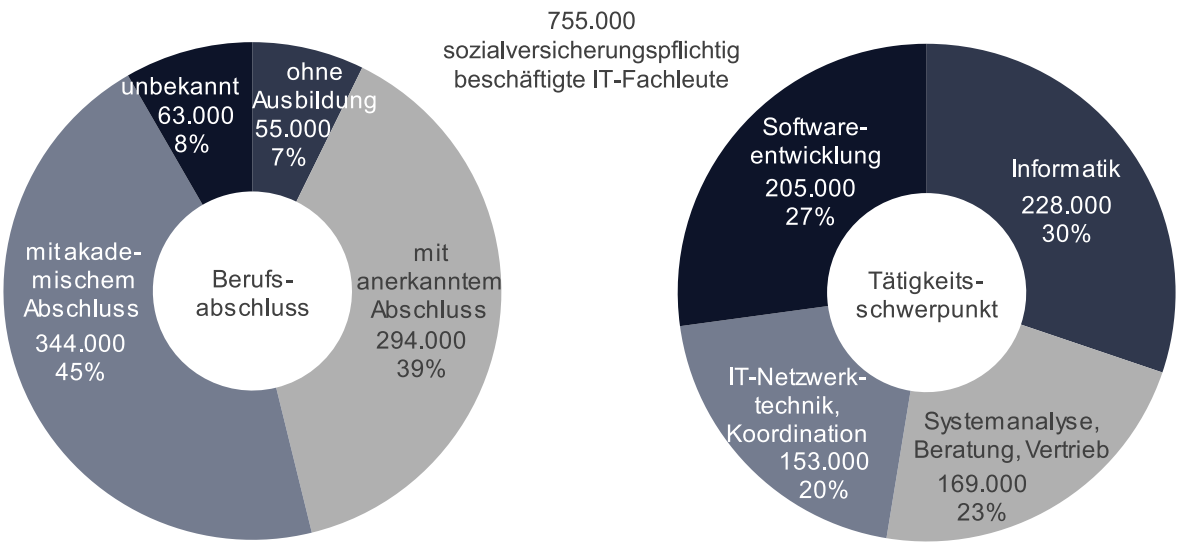


Abb. 2 Sozialversicherungspflichtig beschäftigte IT-Fachleute nach Berufsabschluss und Tätigkeitsschwerpunkt; Bestand und Anteile in Prozent, 30. Juni 2017. Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

der „New Economy" zu einer Stagnation der Beschäftigtenzahl. Seit 2005 nimmt die Zahl der in Deutschland beschäftigten IT-Fachleute wieder kontinuierlich zu. Selbst im Krisenjahr 2009 gab es gegenüber dem Vorjahr ein Beschäftigungsplus, ein Trend, der bis heute ungebrochen ist. Im Zehn-Jahresvergleich waren 2011 (für das letztmalig Zahlen der „alten" Klassifikation vorliegen) gut 100.000 oder knapp ein Viertel mehr Informatiker in Deutschland sozialversicherungspflichtig beschäftigt als im Jahr 2001.

Weitreichende Aufgabenfelder

Fast jeder Dritte der 755.000 sozialversicherungspflichtig IT-Beschäftigten konzipiert, erstellt, installiert, betreut oder erforscht Hard- und Software-Lösungen oder komplexe IT-Systeme (Abb. 2). Typische Ausbildungen in diesem Feld sind beispielsweise Fachinformatiker/in, Informatiktechniker/in, Informatiker/in (Hochschule) – allgemeine oder angewandte Informatik oder Wirtschaftsinformatiker/in. Gut jeder Vierte hat seinen Tätigkeitsschwerpunkt in der Softwareentwicklung und Programmierung. Für etwas mehr als jeden Fünften stehen Aufgaben wie die IT-Systemanalyse, die Beratung von Anwendern oder

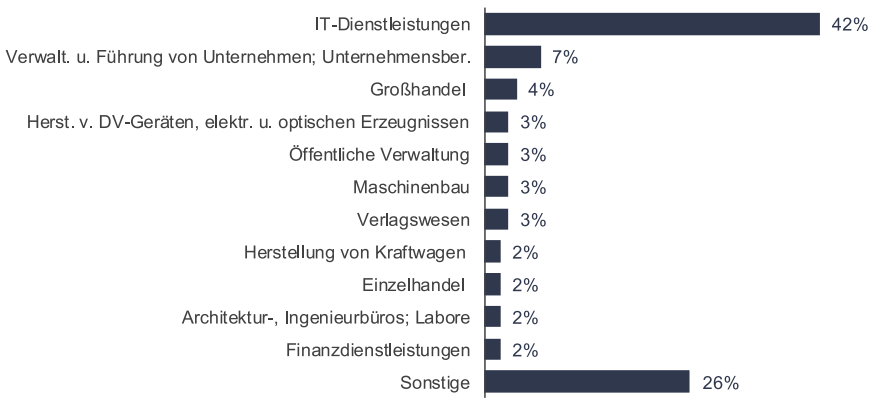


Abb. 3 Sozialversicherungspflichtig beschäftigte IT-Fachleute nach Wirtschaftsabteilungen; Anteile, 30. Juni 2017.
Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

der Vertrieb von IT-Produkten im Vordergrund. Ein weiteres Fünftel der IT-ler ist tätig in der Netzwerktechnik, Koordination, Organisation, System- und Webadministration oder in der Datenbankentwicklung und -administration. Gut drei Prozent der IT-Beschäftigten sind ausschließlich als Führungskräfte tätig.[3]

Anteilig viele jüngere Beschäftigte

IT-Fachleute sind, statistisch gesehen, eine junge Berufsgruppe. So sind fast neun von zehn Beschäftigten jünger als 55 Jahre. Im Durchschnitt aller Berufe sind von zehn Beschäftigten nur acht Personen unter 55. Der allein durch Ruhestandseintritte bedingte Ersatzbedarf in den nächsten Jahren ist damit kleiner als in anderen Berufsgruppen.

Geringer Frauenanteil

Der Frauenanteil unter den IT-Beschäftigten war 2017 mit 16 Prozent nach wie vor sehr gering. Zum Vergleich: über alle Berufe gesehen machen die Frauen 46 Prozent aus. Der aktuelle Anteil der weiblichen IT-Nachwuchskräfte lässt für die nächsten Jahre nur wenig Veränderung erwarten: 2016 waren beispielsweise nur neun Prozent der 37.000 Auszubildenden in den Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufen Frauen.[4] Immerhin ist bei den Studierenden im Studienbereich Informatik der Frauenanteil etwas im Steigen begriffen und lag zuletzt bei 21 Prozent (+1 Prozentpunkt gegenüber Vorjahr).[5]

In allen Wirtschaftszweigen vertreten

Mehr als zwei Fünftel der Informatikfachleute sind in Firmen tätig, deren Schwerpunkt auf der Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie liegt (Abb. 3). Die weiteren Fachkräfte sind in IT-Abteilungen von Unternehmen anderer Wirtschaftszweige angestellt. Hierzu zählen insbesondere Unternehmensberatungen und -verwaltungen (7 Prozent), der Großhandel (4 Prozent). Mit einem Anteil von jeweils drei Prozent sind Hersteller von IT-Produkten, elektronischen und optischen Geräten, Ministerien, Ämter, die Sozialversicherungen und die Bundeswehr und das Verlagswesen an der Beschäftigung von IT-Fachleuten beteiligt. Hinzu kommt als wichtige Beschäftigungsbranche für IT-ler der Maschinenbau mit ebenfalls drei Prozent. Beschäftigungsanteile von jeweils rund zwei Prozent finden sich bei Autoherstellern und -zulieferern, im Einzelhandel, in Architektur- und Ingenieurbüros oder bei Finanzdienstleistern. Auch darüber hinaus gibt es wohl kaum einen Wirtschaftszweig, der heutzutage ohne Informatiker auskommt. So verteilen sich die weiteren IT-Beschäftigten zu kleineren Anteilen auf fast alle übrigen Wirtschaftszweige in Deutschland.

Regionale Konzentration auf Großstädte

Es verwundert nicht, dass sich der Hauptteil der IT-Arbeitsplätze in den Ballungszentren München, Berlin, Hamburg, Stuttgart und Frankfurt befindet, in denen zusammen knapp ein Viertel der IT-Beschäftigten Deutschlands arbeiten (Abb. 4). Bezogen auf die jeweilige Gesamtbeschäftigtenzahl in den Regionen gibt es außerdem sehr viele IT-Fachleute in den Bezirken der Arbeitsagenturen Heidelberg, Bad Homburg, Fürth, Nürnberg, Wiesbaden, Karlsruhe-Rastatt und Düsseldorf.

Von 2013 bis 2017 ist die Zahl der IT-Beschäftigten in Deutschland insgesamt um 121.000 gestiegen. Knapp ein Drittel des Zuwachses entfällt auf die genannten Beschäftigungshochburgen München, Hamburg, Berlin, Stuttgart und Frankfurt. In insgesamt 34 Agenturbezirken stieg die Zahl der IT-Beschäftigten um mindestens ein Viertel. Prozentual am stärksten hat sich dabei die Zahl der IT-Arbeitsplätze in Deggendorf,

[3] Über alle Aufgabenfelder betrachtet.

[4] Quelle: BiBB, Datenbank DAZUBI, Datenstand Oktober 2017

[5] Quelle: Statistisches Bundesamt, Studierende im Wintersemester 2016/17 ohne Lehrämter

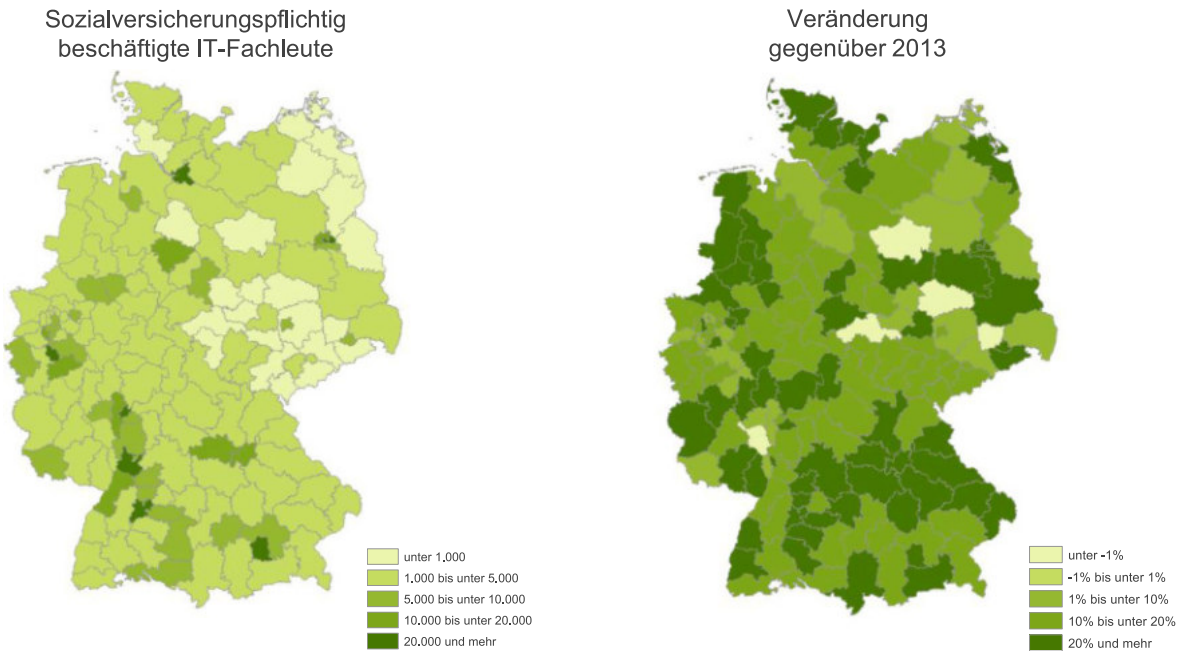


Abb. 4 Sozialversicherungspflichtig beschäftigte IT-Fachleute nach Agenturbezirken (Arbeitsort); Bestand und Veränderung in Prozent, 30. Juni 2017.
Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

Schwandorf, Pirna, Bamberg-Coburg, Ludwigsburg, Siegen und Flensburg erhöht. Hier waren Zuwächse von über einem Drittel zu verzeichnen. Nur in wenigen Regionen, überwiegend Ostdeutschlands, waren leichte Beschäftigungsrückgänge zu verzeichnen.

Neun Prozent ausländische Fachkräfte, Tendenz steigend

Deutschland ist auch für ausländische IT-Arbeitskräfte ein attraktiver Standort. Rund 67.000 IT-Kräfte – neun Prozent aller sozialversicherungspflichtig beschäftigten IT-ler – wiesen 2017 eine ausländische Staatsangehörigkeit auf.

Ihre Zahl ist prozentual deutlich gewachsen. Während die Zahl der deutschen IT-Kräfte gegenüber dem Vorjahr um vier Prozent zugenommen hat, legte die Zahl der ausländischen IT-ler um 16 Prozent zu. Am stärksten stieg dabei vor allem die Zahl von IT-Fachleuten aus Indien, aus der Russischen Föderation und aus der Türkei. Absolut betrachtet fällt jedoch der Zuwachs mit insgesamt knapp 9.000 ausländischen Beschäftigten überschaubar aus. Die Zahl der deutschen IT-ler erhöhte sich im gleichen Zeitraum um 29.000.

Knapp jede zweite ausländische IT-Fachkraft stammt aus einem Land der Europäischen Union (Abb. 5). Die am häufigsten vertretenen EU-Nationalitäten sind Italien und Spanien, gefolgt von Frankreich, dem Vereinigten Königreich, Österreich und Polen. Den jungen EU-Beitrittsstaaten Rumänien, Bulgarien und Kroatien gehörten rund 4.900 in Deutschland tätige Informatiker an. Größere Beschäftigungsgruppen außerhalb der EU bildeten 2017 vor allem rund 8.500 Fachleute aus Indien und jeweils rund 3.500 Beschäftigte aus Russland und 3.400 aus der Türkei. Weitere nennenswert vertretene Herkunftsländer waren die Ukraine, die Balkanstaaten und die USA. Dazu kamen rund 2.800 Personen, die die Staatsangehörigkeit eines nichteuropäischen Asylzugangslandes besaßen.[6] Die Zahl dieser Menschen ist im Zusammenhang mit der aktuellen Fluchtmigration prozentual stark gewachsen, nämlich um 51 Prozent im Vergleich zum Vorjahr. In absoluten Zahlen entspricht dies einem Zuwachs von rund 900 IT-Fachleuten, nachdem es Jahr zuvor einen Anstieg von 500 Beschäftigten gegeben hatte.

[6] Asylbewerber und Flüchtlinge können in der Beschäftigtenstatistik nicht direkt erkannt werden. Es können aber hilfsweise Auswertungen nach der Staatsangehörigkeit vorgenommen werden. Dazu wurde das Aggregat „Personen mit einer Staatsangehörigkeit aus einem der zugangsstärksten Herkunftsländern von Asylbewerbern" oder kurz „**Asylherkunftsländer**" gebildet. In das Aggregat wurden die nichteuropäischen Länder aufgenommen, die in den letzten Jahren zu den Ländern mit den meisten Asylanträgen gehörten; es umfasst folgende acht Länder: Afghanistan, Eritrea, Irak, Iran, Nigeria, Pakistan, Somalia und Syrien.

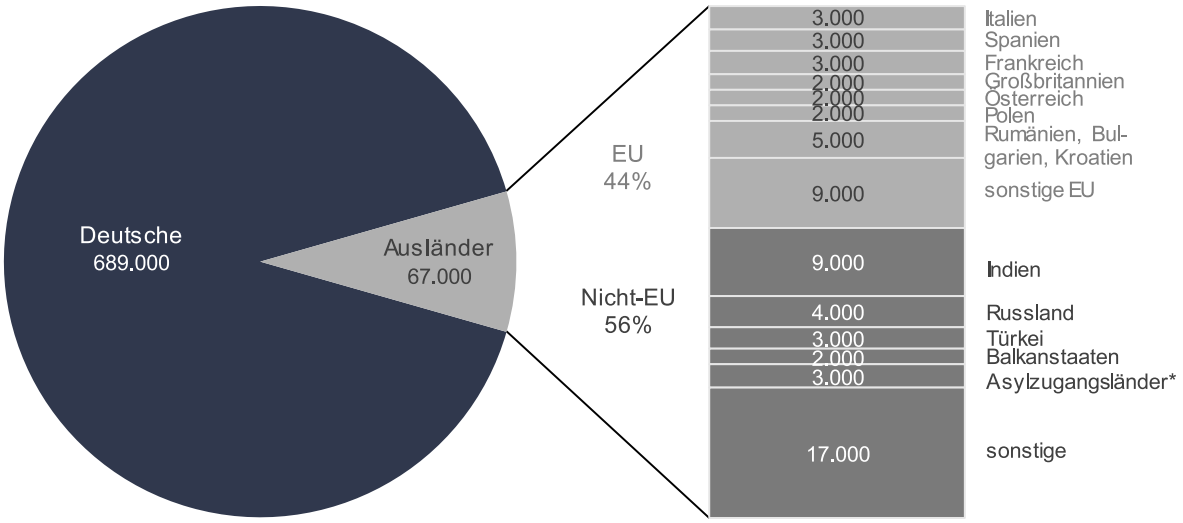


Abb. 5 Sozialversicherungspflichtig beschäftigte IT-Fachleute nach Staatsangehörigkeiten; 30. Juni 2017. Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

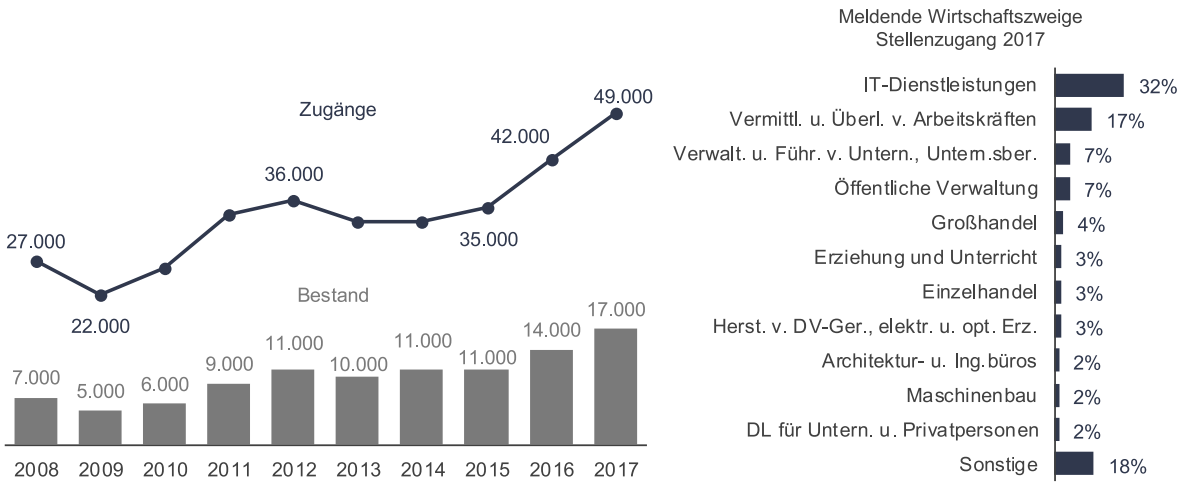


Abb. 6 Gemeldete Arbeitsstellen für IT-Fachleute; Jahresdurchschnitt (Bestand) und Jahressumme (Zugang). Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

Rund 90.000 Selbständige

Rund 90.000 IT-Fachleute waren 2016 als Selbständige tätig[7]. Die Mehrzahl – rund 67.000 – erbrachte ihre Dienstleistungen ohne eigene Mitarbeiter, zum Beispiel als Freelancer, während etwa jeder vierte Selbständige weitere Arbeitnehmer angestellt hatte. Tätigkeitsschwerpunkte lagen beispielsweise in der Softwareentwicklung und Programmierung sowie in der IT-Anwendungsberatung.

Entwicklung der Arbeitskräftenachfrage

Zahl der gemeldeten Stellen auf Höchstniveau

Jahresdurchschnittlich hatte die Bundesagentur für Arbeit 2017 rund 17.000 Jobangebote für IT-Kräfte im Bestand. Das waren ein Viertel mehr als im Vorjahr und gleichzeitig der höchste Stand seit 2007. Die Neuzugänge gemeldeter Stellen, die mehr über die Dynamik der Nachfrage aussagen, beliefen sich 2017 auf 49.000 Arbeitsstellen – ebenfalls die höchste Zahl an Stellenmeldungen seit 2007 (Abb. 6).

Von den 49.000 Stellenmeldungen im Jahr 2017 richtete sich der größte Teil an Experten, deren Qualifikation einem mindestens vierjährigen

[7] Quelle: Statistisches Bundesamt, Mikrozensus

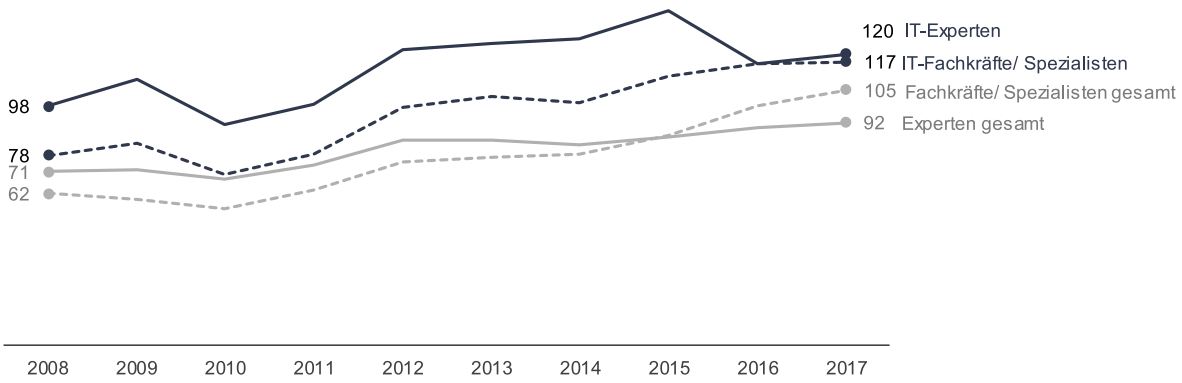


Abb. 7 Durchschnittliche Vakanzzeiten bei Abgang gemeldeter sozialversicherungspflichtiger Arbeitsstellen; in Tagen; Insgesamt und IT-Fachleute.
Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

Studium entspricht (48 Prozent).[8] Nicht ganz jedes dritte Stellenangebot wandte sich an Spezialisten, die über ein Anforderungsprofil verfügen, das üblicherweise durch eine Weiterbildung oder eine dreijährige Hochschulausbildung (wie z. B. ein Bachelorstudium) erworben wird.[9] Jede vierte bis fünfte Stelle sollte mit einer Fachkraft mit Berufsausbildung besetzt werden.[10]

Wenige Befristungen

Im Vergleich zum Durchschnitt aller Berufe fällt bei Stellenangeboten für Informatiker ein geringer Anteil an Befristungen auf. So wurde 2017 bei 90 Prozent der gemeldeten Stellen für IT-ler ein unbefristeter Arbeitsvertrag angeboten. Zum Vergleich: Bei allen gemeldeten Arbeitsstellen sind 84 Prozent unbefristet, bei allen akademischen Experten 81 Prozent.

Viele Stellenmeldungen von IT-Unternehmen, aber auch aus dem Öffentlichen Dienst

Der mit Abstand größte Anteil der neu gemeldeten Stellenangebote für IT-Fachleute kam mit 32 Prozent von Unternehmen der IT-Branche.

Sieben Prozent der Stellen wurden von Unternehmensberatungen und -zentralen sowie vom öffentlichen Dienst gemeldet. Arbeitgeber im Großhandel meldeten vier Prozent der Stellen, Bildungseinrichtungen, einschließlich der Hochschulen und der Einzelhandel meldeten jeweils Bedarf mittels drei Prozent aller Angebote für IT-Fachleute. Von Herstellern von elektronischen und elektrischen Produkten sowie von Architektur- und Ingenieurbüros kamen jeweils zwei Prozent der Offerten. Knapp jede fünfte Stellenmeldung stammte von einem Zeitarbeitsunternehmen oder einer privaten Arbeitsvermittlung. Hier sind die genauen Einsatzgebiete für die gesuchten IT-Fachleute nicht bekannt.

Lange Vakanzzeiten

Dass der Bedarf an qualifizierten IT-Fachleuten nicht immer ohne weiteres gedeckt werden kann, zeigt sich an einer langen Vakanzzeit. Diese Vakanzzeit umfasst den Zeitraum vom geplanten Besetzungstermin bis zur tatsächlichen Abmeldung des Stellenangebots bei der Bundesagentur für Arbeit. 2017 waren gemeldete Stellen für Informatiker auf Fachkraft- und Spezialisten-Ebene 117 Tage vakant. Das waren 12 Tage mehr als im Durchschnitt aller Berufe. Bei IT-Experten dauerte die Stellenbesetzung 120 Tage; 28 Tage länger als durchschnittlich bei Experten. Damit waren Stellen für IT-ler deutlich länger unbesetzt als Stellenangebote in anderen Berufsgruppen (Abb. 7).

Tendenziell haben sich die Vakanzzeiten in den letzten Jahren deutlich erhöht.

Punktueller Fachkräftemangel in der Softwareentwicklung und der IT-Anwenderberatung

Ein genereller Fachkräftemangel an IT-Fachleuten ist in Deutschland derzeit nicht erkennbar. Punktuelle Engpässe zeigen sich jedoch bereits seit Jahren bei Softwareentwicklern und IT-Anwenderberatern, deren Kenntnisse einem mindestens vierjährigen Informatikstudium entsprechen. Die Zahl der arbeitslosen IT-Experten je gemeldete Stelle in diesen Berufsfeldern war 2017 mit 161 zu 100 sehr niedrig. Die Vakanzzeit fiel mit 148 Tagen weit überdurchschnittlich aus. Die berufsspezifische Arbeitslosenquote lag mit 1,5 Pro-

[8] Anforderungsniveau 4 – Experte (KldB 2010)
[9] Anforderungsniveau 3 – Spezialist (KldB 2010)
[10] Anforderungsniveau 2 – Fachkraft (Klassifikation der Berufe 2010 – KldB 2010)

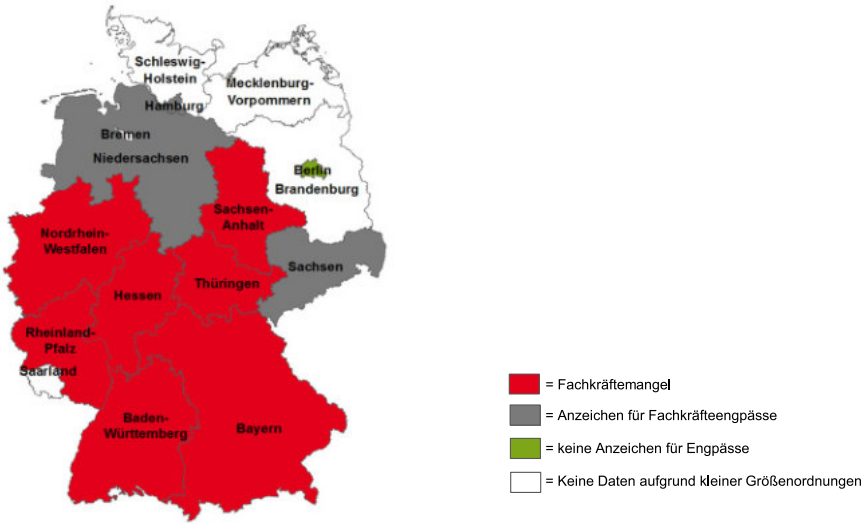


Abb. 8 Fachkräftemangel in der Softwareentwicklung und IT-Anwenderberatung; Expert/inn/en mit mind. vierjähriger Hochschulausbildung oder vergleichbarer Qualifikation. Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Fachkräfteengpassanalyse Dezember 2017

zent ebenfalls deutlich unter der Engpassgrenze von 3,0 Prozent.[11]

Der Fachkräftemangel zeigt sich in fast allen Ländern.[12] In Hamburg, Niedersachsen und Sachsen ist die Situation jedoch nicht ganz so angespannt – Anzeichen sind aber erkennbar. In Berlin ist kein Mangel ersichtlich: Die vergleichsweise kurze Vakanzzeit und der hohe Bestand an arbeitslosen Softwareentwicklern und Anwenderberatern sprechen gegen einen Engpass in der Bundeshauptstadt (Abb. 8).

Kein bundesweiter Fachkräftemangel ist derzeit erkennbar in der IT-Systemanalyse, im IT-Vertrieb, in der IT-Netzwerktechnik, in der IT-Koordination, der IT-Administration und der IT-Organisation. Die unauffälligen Vakanzzeiten sprechen hier dafür, dass gemeldete Stellen in angemessener Zeit besetzt werden konnten.

Entwicklung der Arbeitslosigkeit

Arbeitslosenzahl auf sehr geringem Niveau

Die Zahl arbeitsloser IT-Kräfte ist 2017 gesunken, nachdem sie in den vorangegangenen drei Jahren leicht angestiegen war. Rund 25.000 IT-Fachleute waren 2017 arbeitslos gemeldet. Gegenüber dem Vorjahr waren dies 1.200 oder vier Prozent weniger.

Ein Rückblick auf die letzten Jahre zeigt, dass die Arbeitslosenzahl dynamisch auf das konjunkturelle Umfeld reagiert:

Nach dem Zusammenbruch der „New Economy“ stieg die Arbeitslosigkeit im IT-Bereich stark an; bis zum Höchststand von 67.000 im Jahr 2004. Danach reduzierte sich die Arbeitslosigkeit – trotz stetig wachsender Absolventenkohorten. In den Jahren 2009 und 2010 kam es, bedingt durch die Wirtschaftskrise, zu einem leichten Anstieg der Arbeitslosigkeit. Dieser konnte in den beiden folgenden Jahren mehr als ausgeglichen werden. In den folgenden drei Jahren stieg die Zahl der arbeitslosen IT-ler leicht an, was auch auf steigende Absolventenzahlen zurückzuführen sein dürfte (Abb. 9). Da aber gleichzeitig auch die Zahl der Beschäftigten gestiegen ist, und das kräftiger als die Zahl der Arbeitslosen, ist das Niveau der Arbeitslosigkeit nach wie vor sehr gering und aktuell wieder rückläufig.

Geringe Arbeitslosenquote

Fachleute mit einem Informatikberuf sind seltener arbeitslos als viele andere Berufsgruppen. Die Arbeitslosenquote betrug insgesamt etwa 2,5 Prozent. Am niedrigsten fiel dabei die Quote für die Teilgruppe der Experten mit einer vierjährigen akademischen Qualifikation oder vergleichbaren Kenntnissen aus.

Jeder Dritte hat einen Hochschulabschluss

Jeder dritte arbeitslose IT-ler verfügte 2017 über einen Fachhochschul- oder Hochschulabschluss. Dementsprechend waren 32 Prozent der Arbeitslosen mit IT-Berufen auf der Suche nach einer Stelle mit dem Anforderungsniveau „Experte“. Zwei Fünftel der Arbeitslosen (43 Prozent) suchte eine Tätigkeit mit dem Anforderungsniveau „Spezialist“ und jeder Vierte als „Fachkraft“ mit einer Berufsausbildung.[13]

Mehr als jeder Vierte war langzeitarbeitslos

28 Prozent aller arbeitslosen Informatiker waren ein Jahr oder länger ohne Arbeit (über alle Berufe betrachtet 31 Prozent[14]). Informatiker, die eine

[11] vgl. Bundesagentur für Arbeit: Blickpunkt Arbeitsmarkt – Fachkräfteengpassanalyse, Nürnberg Dezember 2017. statistik.arbeitsagentur.de > Arbeitsmarktberichte > Fachkräftebedarf

[12] Differenzierte Aussagen zu Schleswig-Holstein, Bremen, Saarland, Brandenburg und Mecklenburg-Vorpommern sind aufgrund kleiner Größenordnungen nicht sinnvoll.

[13] Anforderungsniveaus laut Klassifikation der Berufe 2010 – siehe Ausführungen zu den gemeldeten Stellen.

[14] Ohne Helfer

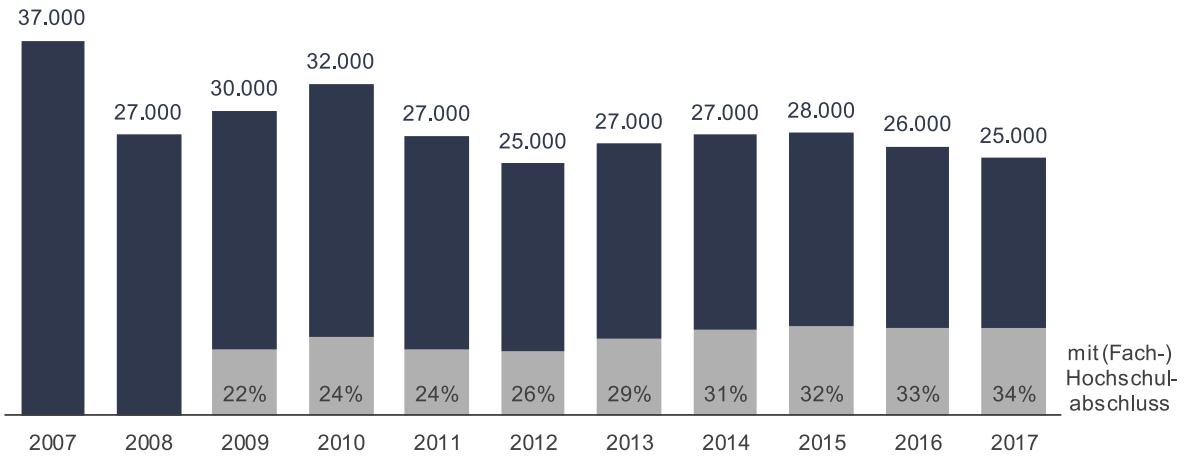


Abb. 9 Arbeitslose IT-Fachleute; Jahresdurchschnittsbestand. Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit

Stelle als Experte suchten, waren weniger stark von Langzeitarbeitslosigkeit betroffen. Von ihnen waren 21 Prozent mindestens ein Jahr auf der Suche. Gegenüber dem Vorjahr ist die Zahl der langzeitarbeitslosen Informatiker um zehn Prozent gesunken.

Ältere überproportional arbeitslos

Ein Blick auf die Altersstruktur lässt die Schlussfolgerung zu, dass es ältere Informatiker immer noch schwerer am Arbeitsmarkt haben. Rund 5.400 arbeitslose IT-Fachleute waren 2017 55 bis 64 Jahre alt. Ihre Zahl hat sich gegenüber dem Vorjahr nur um ein Prozent verringert, während im selben Zeitraum die Zahl der arbeitslosen IT-ler insgesamt um vier Prozent abnahm. Auch die Arbeitslosenquote fiel für die Altersgruppe 55 bis 64 mit 4,6 Prozent vergleichsweise hoch aus. Jüngere haben dagegen einen besseren Stand am Arbeitsmarkt: Hier lag die entsprechende Arbeitslosenquote jeweils bei maximal 2,3 Prozent.[15]

Akademischer Nachwuchs in der Informatik

Mehr erfolgreiche Abschlüsse

Seit der Jahrtausendwende sind die Absolventenzahlen der Informatikstudiengänge stetig gewachsen. Rund 25.000 Informatiker schlossen 2016 ihr Studium erfolgreich ab, zwei Prozent mehr als im Vorjahr und so viele wie noch nie. (Abb. 10).

Die Hochschularten sind gleichmäßig in der Informatik vertreten. Mit einem Anteil von 52 Prozent hatten ein paar mehr Studierende ihre Prüfung an Fachhochschulen als an Universitäten abgelegt. Die Hälfte aller Absolventen hatte Informatik ohne einen besonderen Schwerpunkt studiert; während ein knappes Drittel sich auf Wirtschaftsinformatik spezialisiert hatte. Mit weitem Abstand folgte als drittstärkstes Studienfach die Medieninformatik (9 Prozent).

Der Frauenanteil ist zwar gegenüber dem Vorjahr um zwei Prozentpunkte gestiegen. Er fällt trotzdem mit 20 Prozent nach wie vor gering aus. Merklich stärker sind Informatikerinnen allerdings in den zahlenmäßig kleineren Studienfächern Medizinische Informatik (41 Prozent), Bioinformatik (37 Prozent), Medieninformatik (32 Prozent) und Computer- und Kommunikationstechniken (30 Prozent) vertreten.

Der Anteil der Bachelorabschlüsse liegt mittlerweile bei 62 Prozent. Die meisten Angehörigen dieser Prüfungsgruppe treten jedoch nicht unmittelbar in das Erwerbsleben ein, da sie noch ein Masterstudium anschließen.

Laut Absolventenbefragung des Deutschen Zentrums für Wissenschafts- und Hochschulforschung (DZHW) schließen rund 61 Prozent der Informatik-Absolventen eine weitere akademische Qualifizierung an[16]. Berücksichtigt man dies, verkehrt sich das Plus bei den amtlichen Prüfungszahlen in den Jahren von 2009 bis 2012 in eine kontinuierlich rückläufige Zahl an Berufseinsteigern. Erst seit 2013 dürften wieder etwas mehr Informatikabsolventen als im jeweiligen Vorjahr neu in

[15] Berechnung für folgende Altersgruppierungen: unter 35 Jahre, 35 bis unter 45 Jahre, 45 bis unter 55 Jahre, 55 und unter 65 Jahre. Die Altersgruppe 65 Jahre und älter bleibt hier unberücksichtigt, da ihre Zahl aufgrund des sukzessiven Hinausschiebens der Regelaltersgrenze in der gesetzlichen Rentenversicherung zunimmt und dadurch Vorjahresvergleiche verzerrt sind.

[16] Quelle: DZHW – Sonderauswertung für den Absolventenjahrgang 2013 ca. ein Jahr nach dem Abschluss – Weitere zehn Prozent planten noch später ein Masterstudium zu absolvieren.

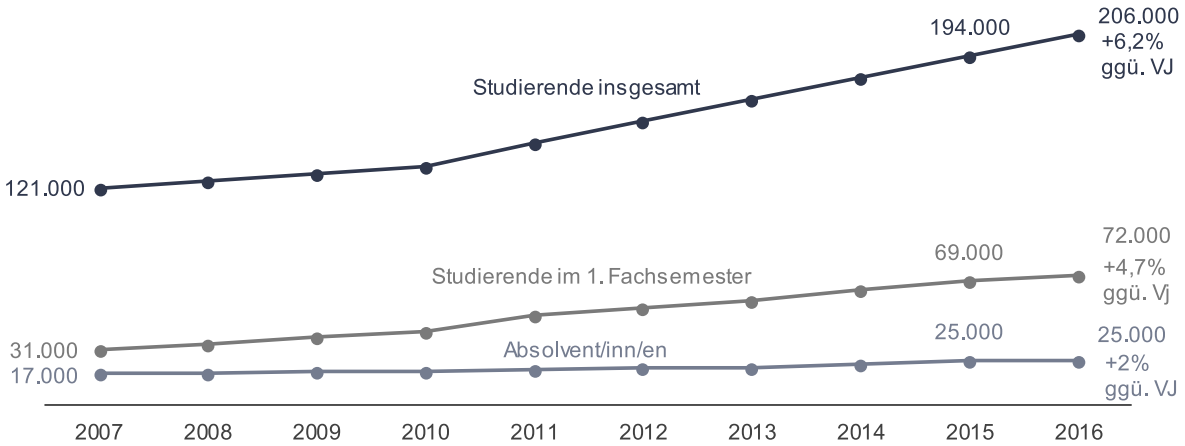


Abb. 10 Studierende Insgesamt (darunter im 1. Fachsemester) sowie bestandene Prüfungen im Studienbereich Informatik (ohne Lehramt).
Quelle: Statistisches Bundesamtu

den Arbeitsmarkt eingetreten sein. Mit rund 16.000 Berufseinsteigern[17] waren das 2016 drei Prozent mehr als im Vorjahr. Bei den kommenden Prüfungsjahrgängen dürfte sich die gestiegene Anfängerzahl in einer weiter zunehmenden Zahl junger IT-Berufseinsteiger niederschlagen. Der Masteranteil hat sich auf 31 Prozent erhöht. Bachelor-Prüflinge waren im Durchschnitt 23,9 Jahre alt, Masterabsolventen 26,4 Jahre.

Der Promotion kommt in der Informatik eine eher nachgeordnete Bedeutung zu. Aber immerhin rund 1.000 Promotionsabschlüsse wurden 2016 erreicht. Die Promotionsintensität[18] – errechnet als Relation zwischen den Promotionen im Jahr 2016 und den durchschnittlichen universitären Diplom- und Masterabschlüssen der Jahre 2011 bis 2013 – lag bei 16 Prozent. Der Durchschnitt über alle Studienbereiche betrug 30 Prozent.[19]

[17] Absolventen mit Diplomabschluss, Master- oder Promotionsabschluss sowie 38 % der Absolventen mit Bachelorabschluss

[18] eigene Berechnungen auf Basis der Hochschulstatistik des Statistischen Bundesamtes

[19] Eigene Berechnungen, ohne Lehramt

Weiter großes Interesse an Informatikstudiengängen

Die Entwicklung der Studienanfängerzahlen ist eng verknüpft mit der wirtschaftlichen Entwicklung der Branche. Zur Zeit des IT-Booms um die Jahrtausendwende war das Interesse an Informatikstudiengängen deutlich angestiegen. Nach dem Platzen der „dot-com-Blase“ entschieden sich ab 2001 Jahr für Jahr weniger junge Menschen für ein Studium der Informatik. Seit 2007 ist dieser Trend gestoppt und die Neueinschreibungen nehmen kontinuierlich zu. Sie dürften in den nächsten Jahren zu einem steten Zuwachs des Fachkräftepotenzials beitragen. Im Studienjahr 2016/17 immatrikulierten sich im Studienbereich Informatik fast 72.000 Menschen[20]. Das waren fünf Prozent mehr als ein Jahr zuvor. Der Frauenanteil unter den Studienanfängern steigt seit 2007 leicht, aber kontinuierlich an. Nach 17 Prozent im Jahr 2007 betrug er 2016 immerhin 25 Prozent.

Insgesamt verzeichnete der Studienbereich Informatik im Studienjahr 2016/17 rund 206.000 Studierende. Das waren 12.000 oder sechs Prozent mehr als im Jahr zuvor. Der Anteil der Frauen belief sich auf 21 Prozent.

[20] Studierende 1. Fachsemester, ohne Lehramt

Hinweise zu statistischen Angaben

Allgemeines

Beschrieben werden in dieser Broschüre allgemeine Entwicklungen auf der Grundlage von Arbeitsmarktdaten der Statistik der Bundesagentur für Arbeit und des Statistischen Bundesamtes. Statistiken beschreiben allerdings immer nur eine durchschnittliche Grundtendenz. Je nach Region, Fachrichtung und persönlicher Situation kann die erlebte Realität anders aussehen. Auch die Anforderungen und die Konzessionsbereitschaft der Unternehmen und der Bewerber/innen spielen eine wichtige Rolle; diese sind statistisch nicht abbildbar.

Angaben zu Arbeitslosen

Die Angaben zu Arbeitslosen beinhalten auch Daten der Jobcenter in kommunaler Trägerschaft („Optionskommunen“). Außer für die Jahre 2005 und 2006, für die keine Angaben zu Arbeitslosen nach Berufen von

Seite der zugelassenen kommunalen Träger vorliegen, bilden alle Angaben die registrierte Arbeitslosigkeit vollständig ab.

Berufsspezifische Arbeitslosenquoten

Die berufsspezifischen Arbeitslosenquoten in dieser Broschüre sind berechnet als Zahl der Arbeitslosen, die eine entsprechende Tätigkeit als ersten Zielberuf suchen, bezogen auf die Zahl der Erwerbstätigen, die laut Mikrozensus eine Tätigkeit in diesem Beruf ausüben und die der Arbeitslosen. Die berufsbezogene Arbeitslosenquote ist als Schätzung zu verstehen, weil die verwendeten Daten aus dem Mikrozensus aus einer Stichprobe hochgerechnet sind, die auf ein Prozent der Haushalte in Deutschland zurückgeht. Weitere Unschärfen entstehen außerdem durch Spielräume bei der Zuordnung der ausgeübten Tätigkeiten (von Erwerbstätigen) bzw. Angaben zur gesuchten Tätigkeit (Arbeitslose) zur Klassifikation der Berufe (KldB 2010).

Angaben zu gemeldeten Arbeitsstellen

Diese Daten stellen keine Vollerfassung dar, da es in Deutschland keine Meldepflicht für offene Stellen gibt, sondern die Meldung auf Freiwilligkeit beruht. Nach Untersuchungen des IAB wird knapp jede zweite Stelle des ersten Arbeitsmarktes bei der Bundesagentur für Arbeit gemeldet, bei Akademikerstellen etwa jede vierte bis fünfte. Die Meldequoten unterscheiden sich jedoch nach Branchen und Berufen. Hierüber liegen allerdings keine differenzierten Informationen vor.

Angaben zu Vakanzzeiten gemeldeter Arbeitsstellen

Die abgeschlossene Vakanzzeit misst die Zeit vom gewünschten Besetzungstermin bis zur Abmeldung einer Stelle bei der Agentur für Arbeit oder dem Jobcenter. Von Engpass oder Problemen bei der Besetzung von Arbeitsstellen kann gesprochen werden, wenn die Besetzung freier Stellen deutlich länger dauert als „üblich" bzw. als von den Betrieben für vertretbar gehalten wird oder wenn die Suche mangels Erfolgsaussichten ganz aufgegeben wird. Weil sich die Stellenbesetzungsprozesse von in der Zeitarbeitsbranchen deutlich sich von denen anderer Branchen unterscheiden (z. B. aufgrund des häufig kurzfristigeren und Bedarfs), werden hier die Vakanzzeiten gemeldeter Stellen ohne die gemeldeten Stellen aus der Zeitarbeit betrachtet.

Angaben zu Berufen

Die Berufsaggregate in dieser Broschüre basieren auf der KldB 2010 und sind in derselben Abgrenzung sowohl für gemeldete Arbeitsstellen und Arbeitslose (ab dem Jahr 2007) als auch für Erwerbstätige und sozialversicherungspflichtig Beschäftigte (ab dem Jahr 2012) verfügbar. Mit früheren Veröffentlichungen auf Grundlage der Klassifikation der Berufe 1988 bzw. 1992 sind sie nicht vergleichbar.

Die Zuordnung zu einem Beruf richtet sich nach der ausgeübten Tätigkeit. Diese muss nicht unbedingt dem formalen Berufsabschluss entsprechen. So wird zum Beispiel ein Erwerbstätiger mit einem Informatik-Abschluss, der als Geschäftsführer arbeitet, statistisch nicht als Informatiker ausgewiesen, sondern in der Berufsgruppe Geschäftsführung.

Um eine bessere Lesbarkeit des Textes zu gewährleisten, sind die Bezeichnungen teilweise gegenüber den offiziellen Benennungen in der Klassifikation verkürzt.

IT-Berufe und Anforderungsniveaus

Als IT-Berufe werden in dieser Broschüre Berufe der Berufshauptgruppe 43 „Informatik-, Informations- und Kommunikationstechnologieberufe" der Klassifikation der Berufe 2010 verstanden.

Als **Akademiker** werden Personen ausgewiesen, die aktuell eine Tätigkeit mit dem Anforderungsniveau „Experte" in genau diesem Berufsfeld ausüben oder anstreben. Im Sinne einer tätigkeitsorientierten Betrachtung tritt hierbei der formale Abschluss in den Hintergrund. Wird darüber hinaus im Text aber explizit vom „(Fach-)Hochschul**abschluss**" gesprochen, ist der formale Abschluss gemeint.

Dem entsprechend werden auch die **gemeldeten Arbeitsstellen** ausgewiesen: Als gemeldete Arbeitsstellen für Akademiker werden Stellenofferten verstanden, die eine Tätigkeit anbieten, die dem Anforderungsniveau 4 „Experte" entspricht.

Das **Anforderungsniveau 4 „Experte"** bezieht sich auf Berufe, die in der Regel eine mindestens vierjährige Hochschulausbildung und/oder eine entsprechende Berufserfahrung voraussetzen. Der typischerweise erforderliche berufliche Bildungsabschluss ist ein Hochschulabschluss (Master, Diplom, Staatsexamen, ggf. Promotion oder ähnliches).

Dem **Anforderungsniveau 3 „Spezialist"** werden die Berufe zugeordnet, denen eine Meister- oder Technikerausbildung bzw. ein gleichwertiger Fachschul- oder Hochschulabschluss vorausgegangen ist. Als gleichwertig angesehen werden z. B. der Abschluss einer Fachakademie oder einer Berufsakademie, der Abschluss einer Fachschule der ehemaligen DDR sowie gegebenenfalls der Bachelorabschluss an

einer Hochschule. Häufig kann auch eine entsprechende Berufserfahrung und/oder informelle berufliche Ausbildung ausreichend für die Ausübung des Berufes sein.

Das **Anforderungsniveau 2 „Fachkraft“** wird üblicherweise mit dem Abschluss einer zwei- bis dreijährigen Berufsausbildung erreicht.

Unterschiede zwischen den Angaben zur Erwerbstätigkeit und zur sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung

In vielen Berufsgruppen gibt es große Unterschiede zwischen den Angaben zu erwerbstätigen Personen und sozialversicherungspflichtig Beschäftigten. Dies hat mehrere Gründe:

- Zum einen stellt die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung, neben zum Beispiel Selbständigkeit, Beamtenstatus und geringfügiger Beschäftigung, eine Untergröße der Erwerbstätigkeit dar. Insoweit liegt es auf der Hand, dass die Zahl der Erwerbstätigen in der Regel höher ausfällt als die Zahl der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten.
- Zum anderen gibt es merkliche Differenzen, die auf die unterschiedlichen statistischen Erhebungsmethoden zurückzuführen sind: Während die Statistik über die Erwerbstätigkeit auf Hochrechnungen aus dem Mikrozensus beruht (Quelle: Statistisches Bundesamt), resultiert die Statistik über die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung (Quelle: Statistik der Bundesagentur für Arbeit) aus einer Vollerhebung im Wege des Meldeverfahrens zur Sozialversicherung.
- Die Ergebnisse beider Statistiken weichen darüber hinaus aufgrund von Beurteilungsspielräumen bei der Zuordnung einer ausgeübten Tätigkeit zu einem Beruf laut Klassifikation der Berufe voneinander ab.
- Ein weiterer Unterschied besteht darin, dass bei der Erwerbstätigkeit Jahresdurchschnitte angegeben werden (letzte Angaben von 2015). In der Beschäftigtenstatistik wird dagegen der Stichtag 30. Juni als Jahreswert verwendet. Letzte Angaben sind hier für das Jahr 2016 verfügbar.

Gemeinsam ist beiden Darstellungen, dass die ausgeübte Tätigkeit für die Berufszuordnung entscheidend ist und nicht der formale Abschluss.

Datenrevisionen und Einschränkungen

Die Auswertungsprozesse in der Statistik werden kontinuierlich weiterentwickelt. Deshalb kann es zu Abweichungen im Vergleich zu früheren Veröffentlichungen kommen.

Rundungen

In der Regel sind alle Angaben auf ein Vielfaches von einhundert gerundet; bei Zahlen über 10.000 auf ein Vielfaches von 1.000.

Nachruf auf Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Rul Gunzenhäuser

Träger des Bundesverdienstkreuzes erster Klasse

Wir vermissen seine souveräne Art, aufzustehen und aus dem Stehgreif eine Viertelstunde lang Fachliches, Historisches, Lobendes oder Bewegendes vorzutragen, oder seine Art, Sitzungen gut vorbereitet zu leiten und zu allgemein akzeptierten Ergebnissen hinzuführen, oder seine ermutigende Art, Menschen heranzubilden und auf spannende Fragestellungen auszurichten, oder seine sorgfältige Art, Projekte und Verläufe zu planen, zu systematisieren und gut begleitet (auch über einen langen Zeitraum) zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Mit Rul Gunzenhäuser haben wir am 14. Februar 2018 einen Pionier der in allen Lebensbereichen immer wichtiger werdenden Mensch-Technik-Kommunikation, einen vorbildlichen Universitätsprofessor und einen Meister der Herstellung „konstruktiver Harmonie“ verloren.



Geboren wurde er am 4. September 1933 in Stuttgart, wuchs in Esslingen auf und bestand 1953 am Georgii-Gymnasium Esslingen das Abitur. Er studierte Mathematik, Physik und Philosophie in Tübingen

und Stuttgart, legte 1959 und 1961 die beiden Staatsexamina ab und kam frühzeitig mit ersten Rechenanlagen, speziell dem auf Röhrentechnik basierenden Computer Zuse Z 22 in Berührung. Er promovierte 1962 über „Ästhetisches Maß und ästhetische Information" an der TH Stuttgart bei dem Philosophieprofessor Max Bense; hier untersuchte er mathematische Maße der Informationsästhetik basierend auf Arbeiten von G. D. Birkhoff. Anschließend wurde er wissenschaftlicher Assistent beim ersten Stuttgarter Informatikprofessor Walter Knödel, arbeitete im Rechenzentrum der TH Stuttgart und befasste sich mit Rechnern, Programmiersprachen und (als einer der ersten) mit Programmen zum Erlernen von Assemblersprachen. Er entwickelte Lernprogramme für den Mathematikunterricht (die Informatik gab es damals noch nicht), entwarf rechnerunterstützte Tutorsysteme, erforschte Lehr- und Lernmethoden und wurde einer der prägenden Forscher im Bereich der interaktiven Systeme und der Mensch-Maschine-Kommunikation. Bereits damals organisierte er zusammen mit Prof. Frank das erste Symposium in Deutschland über „Programmierter Unterricht und Lehrmaschinen". Seine Studien vertiefte er 1964/65 als Gastprofessor an der State University of New York.

1966 wurde er zum Professor für Angewandte Mathematik und ihre Didaktik an die Pädagogische Hochschule Esslingen berufen. In dieses Jahr 1966 fiel die Eheschließung mit seiner Frau Brigitte; zwischen 1970 und 1975 wurden seine zwei Söhne und seine Tochter geboren. 1973 nahm er den Ruf auf eine ordentliche Professur für Informatik an der Universität Stuttgart an und leitete hier die Abteilung „Dialogsysteme" bis zu seiner Emeritierung im September 1998.

Dies war eine wissenschaftlich produktive, außerordentlich erfolgreiche Lehr- und Forschungszeit: mehr als 300 Studienarbeiten, mehr als 300 Diplomarbeiten, 42 Dissertationen und 6 Habilitationen unter seiner Anleitung sowie Zweitberichter in mindestens dem gleichen Umfang. Mehr als 20 mehrjährige Drittmittelprojekte wurden eingeworben und durchgeführt. Er war ein gefragter Experte seines Faches und durch seine vielen Forschungsaktivitäten in der deutschen Informatik, aber auch international bestens anerkannt und vernetzt. Die Universität Stuttgart hat ihm zu Recht ein dauerhaftes Denkmal gesetzt, indem sie einen der Informatik-Hörsäle nach ihm benannt hat.

Seine Produktivität war nur mit Hilfe engagierter Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter seiner Abteilung möglich. Zeitweilig umfasste sie mehr als 20 Personen, aus denen viele Abteilungsleiter in der Industrie, mehrere Fachhochschulprofessoren und sechs Universitätsprofessoren hervorgingen. Die Abteilung hat in 25 Jahren rund 400 Veröffentlichungen in Zeitschriften und Tagungsbänden publiziert und 600 Vorträge auf Tagungen gehalten.

Prof. Gunzenhäusers wissenschaftliche Arbeiten lassen sich drei großen Gebieten zuordnen: erstens der Mensch-Computer-Kommunikation, zweitens der Nutzung von Computern für Blinde und Sehbehinderte und drittens der Ausbildung in Informatik in allen Altersstufen.

Seit den 60er Jahren war Prof. Gunzenhäuser als Pionier im Bereich des rechnerunterstützten Lehrens und Lernens tätig. Es entstanden Lehr- und Lernprogramme, objektorientierte Arbeitsumgebungen, intelligente tutorielle Systeme, Benutzungsoberflächen und Hypertext- und Hypermediasysteme unter Berücksichtigung von Text, Graphik, Sprache und Multimedia. Ziel waren Arbeitsumgebungen, die die Nutzer von Rechnerdetails und Spezialwissen befreien, um sich auf die Anwendungen konzentrieren zu können. Genannt seien die großen Projekte INFORM, WISDOM und KEYSTONE, die von der Industrie und der Bundesregierung gefördert wurden und zu denen die Abteilung „Dialogsysteme" Werkzeuge für die Mensch-Maschine-Kommunikation, Untersuchungen zur Bürokommunikation und PC-basierte Expertensysteme mit natürlich-sprachlichen Schnittstellen beisteuerte. Zu diesen Gebieten gab Prof. Gunzenhäuser zusammen mit Kollegen viele Bücher und Tagungsbände heraus und war Mitherausgeber der Zeitschrift Angewandte Informatik; zugleich hat er viele Jahre die bundesweite Fachgruppe „Intelligente Lernsysteme" der GI geleitet. Sein umfangreiches wissenschaftliches Werk wurde 1996 mit dem Ehrendoktor Dr.-Ing. E. h. der Technischen Universität Dresden gewürdigt.

Schon 1977 befasste eine Arbeitsgruppe sich mit rechnerunterstützten Hilfsmitteln für Blinde. Die Ergebnisse dieser Forschungen und Entwicklungen wurden in Vorträgen und auf Messen vorgestellt und flossen in die bundesweite Blindenförderung ein. Es entstanden Codes, Modelle, Prototypen und Hilfesysteme, die zugleich die wissenschaftliche Basis für konkrete Unterstützungssysteme gelegt haben. Sein unermüdlicher Einsatz auf diesem Gebiet war von hoher sozialer Verantwortung geprägt und wurde 1994 mit dem Bundesverdienstkreuz erster Klasse ausgezeichnet.

Mit Fragen der Ausbildung befasste sich Rul Gunzenhäuser bereits im Studium. Er hat die Informatik-

ausbildung seit Anfang der 1970er Jahre vorangetrieben und sowohl in Tagungen, Lehrplankommissionen, wissenschaftlichen Gesellschaften usw. als auch durch Lehrveranstaltungen und Weiterbildungskurse mit Nachdruck gefördert. Zusammen mit Anton Brenner schrieb er einen Leitfaden über didaktische Materialien für Informatikkurse in der Schule sowie 1986 das Buch „Computer und Informatik in der Schule“. Mehr als 20 Jahre lang war er Mitglied (darunter vier Jahre Vorsitzender) des Fachbereichs Ausbildung der GI. Zugleich war er Mitherausgeber der Zeitschrift LOG IN. Er prägte die inhaltliche Aufbereitung der Informatik, ihre Darstellung und Vermittlung entscheidend mit.

Prof. Gunzenhäuser war ein hervorragender „Lehrer“. Die Studierenden der Universität Stuttgart gaben seinen Lehrveranstaltungen stets beste Noten, und seine Vorträge waren in der Bundesrepublik und darüber hinaus sehr begehrt. Weiterhin hat er sich regional und bundesweit für die Selbstverwaltung der Wissenschaft eingesetzt: Er war mehrfach Dekan seiner Fakultät und Geschäftsführender Direktor des Instituts für Informatik, er war sechs Jahre im Vorstand des deutschen Fakultätentags Informatik, darunter vier Jahre lang dessen Sprecher, insbesondere in der schwierigen Zeit der Wiedervereinigung, in der es galt, die Wissenschaft Informatik in Ost und West an den Universitäten zusammenzuführen. Hierbei hat er als Mitglied der Informatik-Fachkommissionen für Sachsen und Thüringen am Neubeginn der dortigen Informatikfachbereiche intensiv mitgearbeitet. Regional hat er sich im Informatik-Forum Stuttgart e. V. engagiert, dort u. a. sechs umfangreiche Broschüren als Coautor mitverfasst und den „Rul-Gunzenhäuser-Preis“ für besonders herausragende Diplom-/Masterarbeiten gestiftet.

Der Fachbereich Informatik der Universität Stuttgart, der Fakultätentag Informatik, die GI und die Wissenschaft Informatik haben Prof. Gunzenhäuser sehr viel zu verdanken. Seine erfolgreichen Forschungen, seine intensive Förderung und Betreuung vieler Doktoranden, seine didaktisch nachgefragten Lehrveranstaltungen, seine Gutachtertätigkeiten, seine Zielorientiertheit, seine geschickte Verhandlungsführung, seine Objektivität, seine Zuverlässigkeit und die Fähigkeit, auch in festgefahrenen Situationen gute Auswege aufzuspüren und durchzusetzen, waren für alle Betroffenen und für die vielen Gremien und Konferenzen, in denen er mitwirkte, von unschätzbarem Wert. Das Informatik-Forum Stuttgart hat sein Engagement mit der Ehrenmitgliedschaft gewürdigt. Die Gesellschaft für Informatik hat 2003 seine überregionalen Leistungen mit der Berufung zum „Fellow der GI“ geehrt. Ehrendoktor und Bundesverdienstkreuz runden seine vorbildlichen Leistungen ab. Er wird in der Informatik auf lange Zeit unvergessen bleiben.

Unvergessen bleibt auch sein Weihnachtsgedicht aus dem Jahre 1963, das er bei einem seiner vielen Versuche erhielt, als er einfache Gedichte automatisch erzeugen ließ, siehe z. B. Klaus Peter Dencker, „Optische Poesie“, Berlin, de Gruyter, S. 206 (oder suchen Sie einfach im Internet nach „DER SCHNEE IST KALT UND JEDER FRIEDE IST TIEF“).

Volker Claus

i

Zum Titelbild



Real-time rendering of one and the same dataset at vastly different scales has always been a challenging problem for computer graphics. With modern games taking on the challenge of rendering entire galaxies of planets while allowing the viewer to move from space to the ground and back within seconds, traditional rendering approaches face a series of challenges. Focusing on real-time high quality rendering, we present novel solutions for a combined rendering of four of the major components that define the visual representation of an entire planet: We present a simple and efficient solution for seamless and distortion-free representation of planetary terrain, spherical ocean waves and efficient rendering of volumetric clouds along with atmospheric scattering.

Our approach to terrain and ocean mesh generation relies on projecting a persistent grid onto the surface of the planet that takes level-of-detail and frustum-culling into account and instantaneously adapts to view changes. To represent the ocean surface we introduce a wave function that accounts for the curved surface of the planet, creating seamless, evenly spaced waves across the planet. At the same time it remains fully controllable and adjustable and thus allows to reflect the various dynamics of ocean waves. We further render volumetric clouds in combination with precomputed atmospheric scattering to seamlessly integrate clouds into the atmosphere. Our method provides mathematically correct approximations of cloud-atmosphere interaction and accounts for all viewpoints and viewing directions with continuous transition from ground to space, including effects such as cloud shadows, light shafts, and earth shadows on the clouds. Due to careful optimizations, the combination of all these effects can be rendered with more than 120 Hz.

Autoren des Bildes:
Florian Michelic, Graz University of Technology
Michael Kenzel, Graz University of Technology
Markus Steinberger, Graz University of Technology
Karl Haubenwallner, VRVis

Vorschläge für Titelbilder
bitte an Prof. Deussen
(Oliver.Deussen@uni-konstanz.de)

Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), Wissenschaftszentrum, Ahrstraße 45, 53175 Bonn, Tel.: 0228/302-145, Fax 0228/302-167,
e-mail: gs@gi.de, Server: http://www.gi.de
Geschäftsführung: Cornelia Winter, e-mail: cornelia.winter@gi.de, Tel.: -145, Daniel Krupka, e-mail: daniel.krupka@gi.de, Tel.: 030-7261566-15
Sekretariat: Kerstin Schimmel, e-mail: kerstin.schimmel@gi.de, Tel.: -145
Mitgliederwerbung: Ludger Porada, e-mail: ludger.porada@gi.de, Tel.: -146
Finanzen/Buchhaltung: Elena Kerkmann, e-mail: elena.kerkmann@gi.de, Tel.: -153, Swetlana Ruppel, e-mail: swetlana.ruppel@gi.de, Tel.: -152
Mitgliederverwaltung: Tanja Diegeler, e-mail: tanja.diegeler@gi.de, Tel.: -149, Karola Schmitt, e-mail: karola.schmitt@gi.de, Tel.: -151
ITK: Viktor Schröder, e-mail: viktor.schroeder@gi.de, Tel.: -156, Karl-Heinz Künkel, e-mail: karl-heinz.kuenkel@gi.de, Tel.: -143





Einladung

zur Ordentlichen Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI)

Sehr geehrte Damen und Herren,

hiermit lade ich Sie herzlich ein zur Ordentlichen Mitgliederversammlung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) am Dienstag, den 25. September 2018 ab 16:00 Uhr im Spree-Palais (Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin) am Berliner Dom. Details zu Zeitplan und Räumlichkeiten finden Sie unter www.gi.de.

Tagesordnung

1. Begrüßung
2. Bericht des Vorstandes über das abgelaufene Geschäftsjahr
   2.1. Bericht des Präsidenten
   2.2. Jahresabrechnung[1]
3. Bericht der Rechnungsprüfer für das Jahr 2017 und Entlastung von Vorstand, erweitertem Vorstand, Präsidium und Geschäftsführung
4. Wahl der Mitglieder der Rechnungsprüfungskommission für das Jahr 2018
5. Entgegennahme des Wirtschaftsplanes 2019
6. Bestätigung der Mitgliedsbeiträge 2019
7. Bericht der Kandidatenfindungskommission und Feststellung der endgültigen Kandidat/inn/enliste (Präsidiumsämter) für die Wahl 2018[2]
8. Bestimmung der Kandidatenfindungskommission für die Präsidiumswahl 2019
9. Wahl des Wahlausschusses für die Wahl 2018
10. Festlegung von Ort und Zeit für die Ordentliche Mitgliederversammlung 2020
11. Stellungnahme zu Anträgen auf Satzungsänderung
12. Genehmigung des Beschlussprotokolls der OMV 2018
13. Berichte
14. Verschiedenes

Bonn, im Juni 2018

[1] **Jahresrechnung und Wirtschaftsplan online**
Die Jahresabrechnung sowie den Wirtschaftsplan für das kommende Jahr finden Sie unter www.gi.de im Mitgliederbereich.

[2] Die vorläufige Kandidatenliste finden Sie unter www.gi.de im Mitgliederbereich.

Ergebnisse der Präsidiumssitzung vom 26./27. Januar 2018

Das Präsidium wählt Frau Lucke sowie die Herren Koch und Wolf in den erweiterten Vorstand.

Das Präsidium wählt Frau Lenk sowie die Herren Rannenberg und Wolf in den Haushaltsausschuss.

Folgende Personen werden bestätigt bzw. benannt:

- Prof. Dr. Torsten Brinda als Sprecher des FB Informatik und Ausbildung/Didaktik der Ausbildung (IAD) – Wiederwahl
- Prof. Dr. Ulrik Schröder als stellvertretender Sprecher des FB Informatik und Ausbildung/Didaktik der Ausbildung (IAD) – Wiederwahl
- Prof. Dr. Norbert Ritter als Vertreter des Fakultätentags Informatik (Nachfolge Schäfer)
- PD Dr. Matthias Klusch als Sprecher des FB Künstliche Intelligenz (KI) – Nachfolge Krüger
- Prof. Dr. Ingo Timm, als stellvertretender Sprecher des FB Künstliche Intelligenz (KI) – Nachfolge Woelfl
- Prof. Dr. Wolfgang Karl als Vertreter des FBs Technische Informatik im Herausgebergremium der LNI-Reihe (Nachfolge Lehmann)

Das Präsidium stimmt den vorgelegten Empfehlungen zur Technischen Informatik mit einer Enthaltung zu.

Folgende Präsidiumsarbeitskreise werden für ein weiteres Jahr bestätigt:

DOI 10.1007/s00287-018-1104-3

- PAK Datenschutz und IT-Sicherheit
- PAK eScience
- PAK Grand Challenges
- PAK Stärkung der GI

Folgende Präsidiumsverantwortliche werden für das Jahr 2018 bestätigt:
- CEPIS: Prof. Dr. Kai Rannenberg
- Hauptherausgeber für das „Informatik Spektrum“: Prof. Dr. Dr.-Ing. Arndt Bode
- Past President: Prof. Dr. Peter Liggesmeyer
- Fachinformationszentrum FIZ Karlsruhe, Gesellschafterversammlung und Aufsichtsrat: Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. techn. Dieter Fellner
- GI-Dissertationspreis: Prof. Dr. Steffen Hölldobler
- Max-Planck-Gesellschaft (MPG): Prof. Dr. Bernhard Thalheim
- Vertreter im Stiftungsrat der Stiftung „Werner-von-Siemens-Ring“: Prof. Oliver Günther, Ph.D.
- Anerkennungsausschuss Medizinischer Informatikerinnen und Informatiker von GI, GMDS und BVMI: Prof. Dr.med. Wendelin Schramm
- DIN: Prof. Dr. Kai Rannenberg

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der GI

InformatiCup 108: Münster gewinnt

Robin Meiseberg, Benedict Steinhoff, Sebastian Wolters und Henrik Sendt aus Münster haben den informatiCup 2018 der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) gewonnen. Die Aufgabe: Basierend auf den historischen Benzinpreisdaten aller rund 15.000 Tankstellen in Deutschland seit dem Jahr 2013, weiterer Zusatzinformationen und unter Zuhilfenahme von Datenanalyse- und Prognosemethoden musste eine Vorhersage für Benzinpreise entwickelt und damit die Tankstrategie für vorher definierte Routen festgelegt werden. Die Preisträger dürfen sich über 4.000 EUR freuen.

Jan Gasthaus, Machine Learning Scientist bei Amazon, der den Hauptpreis überreichte: „Die informatische Aufgabe, die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in diesem Jahr zu lösen hatten, war sehr anspruchsvoll. Die erfolgreichen Teams können zukünftige Benzinpreise präzise vorhersagen und nachweisen, dass mit den damit optimierten Tankstrategien bares Geld zu sparen ist. Den Ausschlag für Münster hat letztlich die Qualität der eingereichten Dokumentation sowie die sorgfältige Validierung gegeben.“

Insgesamt vier Teams aus Münster, Hannover und Trier wurden aus den rund 20 Einsendungen ausgewählt und nahmen an der Endrunde im Rahmen der GI-Fachtagung Software Engineering 2018 in Ulm teil. Den zweiten Preis gewann das Team CarEFul von der Universität Hannover: Wolfgang Gritz, Nils Nommensen, Jonas Wallat und Josef Kriegel erhielten ein Preisgeld von 2.000 EUR, das vom Beratungs- und Softwarehaus PPI AG gestiftet wurde. Den dritten Platz belegt das Team der Hochschule Trier. Über das Preisgeld von 1.000 Euro, bereitgestellt von TomTom, freuen sich Anne Lui, Susan Mannchen, Jonas Mencher und Adrian Zimmer. Axel Claassen, Sebastian Drath sowie Burak Kadioglu ebenfalls von der Universität Hannover erhielten den mit 500 Euro dotierten GI-Preis.



Abb. 1 Vlnr: Team Münster: Robin Meiseberg, Sebastian Wolters, Benedict Steinhoff, Jan Gasthaus von Amazon, im Hintergrund: Prof. Dr. Ralf Reussner (Sprecher FB SWT), Quelle: Universität Ulm

Aus den GI-Gliederungen

Neue Empfehlungen für ein Curriculum zur Technischen Informatik

Das Präsidium der GI hat in seiner letzten Sitzung eine neue Empfehlung

zur Ausgestaltung eines Curriculums zur Technischen Informatik in Bachelor- und Masterstudiengängen verabschiedet.

Der internationale Maschinen- und Anlagenbau, Fahrzeugtechnik, Gebäudetechnik, Medizintechnik und weitere technologiegetriebene Branchen profitieren zunehmend von neuen Konzepten und Entwicklungen, welche stark von der Informatik und den Informationstechnologien getragen werden. Die allumfassende zuverlässige Vernetzung von Sensoren, Aktoren und massiv softwaregestützten informationsverarbeitenden Systemen wird die genannten Branchen zukünftig stark dominieren. Der Forschungs- und Lehrbedarf in diesem Feld motiviert sich aus der Tatsache, dass eingebettete Systeme Industrieanwendungen mit steigender Tendenz beherrschen. Auf Basis intelligenter und digital vernetzter Systeme werden industrielle Produktion und Informations- und Kommunikationstechnik zunehmend verzahnt – Stichwort „Industrie 4.0". Weiterhin spielt die Modellierung und Diagnose von Maschinen und Anlagen eine bedeutende Rolle. Hinzu kommen beispielsweise die Fernwartung von Maschinen und die Sensor- und Informationsfusion für die zustandsorientierte und vorausschauende Maschinenwartung sowie Industrielle Bildverarbeitung und Mustererkennung als eine Schlüsseltechnologie für die Qualitätssicherung in produzierenden Unternehmen. Interdisziplinäre Ansätze aus Technik, Biologie und Psychologie können dabei neue zukunftsweisende Lösungen ermöglichen.

Um der Komplexität dieser Themen Rechnungen zu tragen und die Inhalte einer fundierten Ausbildung zu definieren, haben die Gesellschaft für Informatik e. V. (GI) und die Informationstechnische Gesellschaft im VDE (ITG) gemeinsam ein Curriculum erarbeitet, das bei der (Weiter-)Entwicklung entsprechende Studiengänge als Richtlinie gelten kann. Die Empfehlung im Volltext zum Herunterladen gibt es in der Digitalen Bibliothek der GI: dl.gi.de.

Gesamttreffen des neu gegründeten Fachbereichs SYS

Am 1. und 2. März fand an der Leibniz Universität Hannover das erste Gesamttreffen des neu gegründeten GI-Fachbereichs SYS (https://sys.gi.de) statt, der aus den Fachgruppen Betriebssysteme (BS) und Kommunikations- und Verteilte Systeme (KuVS) besteht. Verbindendes Motto der Tagung war das Thema „Systemsoftware für die Industrie von morgen und das Internet der Dinge". Bei zwölf Fachvorträgen, die zu etwa gleichen Teilen aus beiden Fachgruppen stammten, diskutierten die knapp 70 angemeldeten Teilnehmer lebhaft über aktuelle und künftige Herausforderungen aus dem gemeinsamen Forschungsfeld. Highlight des ersten Tages war die Verleihung des Promotionspreises der Fachgruppe Betriebssysteme an Dr.-Ing. Christoph Borchert von der TU Dortmund.

Den Blick über den rein technischen Tellerrand des Themas hinaus bot der gemeinsame Besuch der Ausstellung „Wege zum Smartphone" im Historischen Museum Hannover, bei dem die Entwicklung der Kommunikationstechnik sowohl von ihrer technischen wie auch soziologischen Seite beleuchtet wurde.

Die Tagung schloss mit einer Podiumsdiskussion über die künftige Zusammenarbeit im neuen Fachbereich. Das gemeinsame Format stieß auf ein sehr positives Echo und soll neben den fachgruppeninternen Treffen künftig alle ein bis zwei Jahre wiederholt werden. Im Rahmen eines Dagstuhl-Workshops soll ferner das Thema „Systemsoftware in der Lehre" gestärkt werden.

Daniel Lohmann, Markus Fidler (Leibniz-Universität Hannover)

GI-Fachgruppe Betriebssysteme verleiht Promotionspreis

Herr Dr.-Ing. Christoph Borchert ist beim Frühjahrstreffen der GI-Fachgruppe Betriebssysteme am 1./2. März 2018 an der Leibniz Universität Hannover mit dem Promotionspreis der Fachgruppe ausgezeichnet worden. Seine Arbeit „*Aspect-Oriented Technology for Dependable Operating Systems*" ist an der Technischen Universität Dortmund entstanden und überzeugte die Gutachter durch methodische und technische Exzellenz. Die Dissertation präsentiert einen generischen Lösungsansatz für Fehlerkorrekturmaßnahmen in Betriebssystemkernen, der eine signifikant erhöhte Robustheit sicherheitskritischer Systeme ermöglicht, etwa für autonome Fahrzeuge oder das Internet der Dinge.

Der Promotionspreis der Fachgruppe wurde in diesem Jahr bereits zum zweiten Mal vergeben und soll weiterhin die herausragende wissenschaftliche Leistung eines frisch gebackenen Doktoranden im Bereich der Betriebssysteme zusätzlich ehren. Dotiert ist der Preis mit 500 € sowie einer Jahresmitgliedschaft in der GI und der Fachgruppe Betriebssysteme. Weitere Informationen: https://www.betriebssysteme.org.



Abb. 2 Preisträger Christoph Borchert (rechts) mit Marcel Baunach, dem stellvertretenden Fachgruppensprecher

Tagungs-ankündigungen

INFORMATIK 2018 in Berlin

Am 26. und 27. September 2018 findet die GI-Jahrestagung INFORMATIK 2018 in Berlin statt. In eineinhalb Plenartagen wollen wir mit Ihnen folgende Themenkomplexe diskutieren: Digitalisierung und die Arbeitswelt der Zukunft, Bildung in der digital vernetzten Welt, Sicherheit, Schutz und Vertrauen in der Arbeitswelt von morgen, Ethik in der Informatik und Regulierung von Algorithmen. Details, weitere Workshops, angebundene Veranstaltungen und die Anmeldung finden Sie auf der Seite http://informatik2018.de/.

DeLFI 2018 & HDI 2018 vom 10.–13.09.2018 in Frankfurt

Vom 10. bis zum 13. September wird an der Goethe-Universität in Frankfurt die 16. eLearning Fachtagung der Informatik (DeLFI 2018) gemeinsam mit der 8. Fachtagung Hochschuldidaktik Informatik (HDI 2018) stattfinden. Auf der DeLFI werden alle Informatik-Aspekte rechnergestützter Lehr- und Lernformen in Schule, Hochschule, Beruf und für das lebenslange Lernen – kurz der Digitalisierung der Bildung diskutiert. Die HDI widmet sich allen Fragen der informatischen Bildung im Hochschulbereich. https://www.delfi2018.de/

Tagungsberichte

Modellierung 2018 in Braunschweig

Auch in diesem Jahr blickt der Fachausschuss auf die erfolgreiche Fachtagung Modellierung zurück, die vom 21.–23. Februar 2018 in Braunschweig unter der Tagungsleitung von Prof. Dr. Ina Schaefer (TU Braunschweig) stattfand. Es fanden sich ca. 100 Modellierer aus Wissenschaft und Praxis zusammen. Die Fachtagung Modellierung wird vom Querschnittsfachausschuss Modellierung der Gesellschaft für Informatik e. V. seit 1998 durchgeführt und hat sich als einschlägiges Forum für Grundlagen, Methoden, Techniken, Werkzeuge sowie Domänen und Anwendungen der Modellierung etabliert.

Im wissenschaftlichen Programm der Modellierung 2018 wurden eine breite Palette von Themen in den Bereichen Modellierungssprachen, -methoden und -ansätze, Prozessmanagement, sowie zur Modellierung im Software- und System-Engineering präsentiert. Prof. Dr. Andy Schürr (TU Darmstadt) sprach in seiner Keynote über die korrekte Entwicklung von Algorithmen für die Adaption von Netzwerktopologien. Nikolaus Regnat (Siemens AG) als eingeladener Sprecher aus der Industrie berichtete über die Verwendung von Modellierungssprachen wie SysML in der industriellen Praxis. Das Praxisforum bestand aus sechs eingeladenen Vorträgen einschlägiger Modellierungsexperten aus der Praxis. Zusätzlich fanden drei Tutorials, fünf Werkzeugpräsentationen sowie fünf parallel zur Tagung organisierte Workshops statt. Die gemeinsame Abendveranstaltung führte die Teilnehmer zunächst durch die mittelalterliche Innenstadt Braunschweigs. Im Anschluss wurde von der Stadt Braunschweig zu einem festlichen Bankett im Altstadtrathaus Braunschweigs geladen. Die Modellierung 2020 findet im März 2020 in Wien unter der Leitung von Prof. Dr. Dimitris Karagiannis statt.

Praxisworkshop „Hands-On VR/AR-Learning“

Am 9. und 10. März fand der erste Praxisworkshop „Hands-On VR/AR-Learning“ an der FH Erfurt statt. Ziele des Workshops waren die interdisziplinäre Vernetzung, das Kennenlernen von Technologien und das Erzeugen von anwendungsnahem und praktisch nutzbarem Wissen durch die prototypische



Abb. 3 Tagungsteilnehmer „Modellierung“ versammelt, Foto: Michael Nieke

Umsetzung von VR/AR-Lehr- oder Lernanwendungen.

Im ersten Vortrag gab Matthias Weise eine mediendidaktische Einführung in die Thematik und stellte existierende VR/AR-Lehr und Lernanwendungen vor. Prof. Rolf Kruse beleuchtete VR/AR aus der technischen Perspektive und ging auf aktuelle Hardware und Software ein. Um unterschiedliche Erfahrungen der Teilnehmer abzufangen, wurden drei Templates vorgestellt, die die Umsetzung der Applikationen durch vorbereitete Komponenten vereinfachen sollte. So war es möglich, A-Frame für die WebVR-Entwicklung zu nutzen oder Unity zu verwenden, um eine VR-Anwendungen (mit Unterstützung von VRTK) oder eine AR-Anwendung (mit Unterstützung von Vuforia) umzusetzen.

Letztendlich wurde sich für die Umsetzung eines interaktiven Stromkreises entschieden. Dazu wurden Marker erstellt, die Elemente wie einen Schalter, einen Widerstand, eine Stromquelle und eine Lampe darstellen. Sobald diese Marker erkannt werden, erscheinen virtuelle dreidimensionale Abbilder der entsprechenden Elemente im Kamerabild. Die Objekte verbinden sich automatisch und ermöglichen so die Erstellung eines Stromkreises. Die Anwendung ist durch beliebige Elemente erweiterbar und



Abb. 4 „Ergebnispräsentation auf dem Workshop Hands-On VR/AR-Learning“, Quelle: Prof. Dr. Rolf Kruse (FH Erfurt)

zeigt eindrucksvoll die Eignung von AR in Bereichen, wo die Interaktion mit dem Lerngegenstand eine wichtige Rolle spielt, wie z. B. im Technikunterricht.

Die Web-VR Gruppe setzte sich zum Ziel einen Raum zu gestalten, der zum Zusammenarbeiten und Diskutieren anregt und den Gesprächsverlauf sogar visuell untermalt. Dazu wurde ein Parlamentsgebäude erstellt, welches von einer 360° Leinwand umgeben ist.

Die Unity-VR-Gruppe hatte Ideen, die sich um die Kommunikation in VR drehte, angefangen bei der Analyse von Augenbewegungen und Körperbewegungen, um die Aktivitäten und das Interesse während eines Gesprächs zu analysieren, bis hin zu der problematischen Texteingabe in VR. Als theoretisches Szenario diente die Flucht aus einem brennenden Haus, wobei die Anwendung es ermöglicht, seine Entscheidungen zu analysieren. Als Erweiterung ist z. B. das Stoppen und Fortsetzen der Wiedergabe denkbar oder die Möglichkeit ab einer bestimmten Stelle in die Aufnahme zu springen, um getroffene Entscheidungen zu ändern.

LNI-Neuerscheinungen

LNI P-277 Open Identity Summit, Lothar Fritsch, Heiko Roßnagel, Detlef Hühnlein (Hrsg.)

LNI P-279 Software Engineering und Software Management 2018, Matthias Tichy, Eric Bodden, Marco Kuhrmann, Stefan Wagner, Jan-Philipp Steghöfer (Hrsg.)

LNI P-281 SICHERHEIT 2018, Hanno Langweg, Michael Meier, Bernhard C. Witt, Delphine Reinhardt (Hrsg.)

Bundeswettbewerb Informatik

Jugendwettbewerb Informatik startet mit hohem Mädchenanteil

Mit rund 32 % oder 4.033 Mädchen an der Gesamtteilnehmerzahl konnte der Jugendwettbewerb Informatik 2018 in der 1.Runde die sehr gute Mädchenquote des letzten Jahres sogar leicht steigern. Und das obwohl sich die Teilnehmerzahl von 8.578 bei der Premiere auf 12.606 in diesem Jahr noch erhöht hat.

Der Jugendwettbewerb Informatik (JwInf) ist einer der Bundesweiten Informatikwettbewerbe. Eine Teilnahme ohne Vorkenntnisse ist möglich. Er wendet sich an Schülerinnen und Schüler, die erste Programmiererfahrungen sammeln und vertiefen möchten. Im Rahmen der JwInf-Teilnahme wird mit in einer bausteinorientierten Umgebung programmiert; Programmiererfahrung wird nicht vorausgesetzt. Die Teilnahme wird zwar ab der Klasse 5 empfohlen, die Teilnahme jüngerer Schülerinnen und Schüler ist jedoch auch erlaubt. So waren in diesem Jahr rund 200 Grundschülerinnen und Grundschüler beim Jugendwettbewerb Informatik dabei.

Unter dem Dach des BWINF werden drei Schülerwettbewerbe ausgerichtet: Der Informatik-Biber, der Jugendwettbewerb Informatik (JwInf) und der Bundeswettbewerb Informatik (BwInf). Dieses Angebot ist pyramidal organisiert: Die Wettbewerbe bauen einerseits aufeinander auf, der (potenzielle) Teilnahmekreis verkleinert sich aber durch die steigenden fachlichen Anforderungen. So waren beim jüngsten Informatik-Biber 341.241 Mädchen und Jungen



Abb. 5 Interesse am Jugendwettbewerb Informatik. Quelle: BWINF

dabei, beim JwINf 12.606 und beim beim BwInf 1.464 Jugendliche.

Workshops – Kompetenz durch Praxis

Wie kann ich mein Wissen einbringen? Welches Wissen ist in der Praxis relevant? Wie funktioniert Informatik in der Wirtschaft? Welche Wege geht die Forschung? Wie arbeitet google? Welche Prioritäten setzen die Hochschulen? Der Bundeswettbewerb Informatik bietet mehr als das Fördern und Entdecken von Talenten und die Herausforderung das eigene Wissen zu testen und unter Beweis zu stellen. Ebenso wichtig ist es, dieses Wissen anwenden zu können. Praxisnahe Kompetenzen vermitteln Workshops, die im Rahmen der zweiten Runde des Bundeswettbewerbs Informatik von Kooperationspartnern oft exklusiv für BwInf-Teilnehmer veranstaltet werden.

Zu den Anbietern gehören u. a. das Potsdamer Hasso-Plattner-Institut und das Max-Planck-Institut für Informatik, ebenso wie Hochschulen in ganz Deutschland. Darunter befinden sich die RWTH Aachen, die LMU München (in Kooperation mit der QAware GmbH), die TU Dortmund und die TU Braunschweig.

Die Firma Google lädt ausgewählte Teilnehmerinnen zum „Girls@Google Day“ ein. Bei einigen von Fraunhofer-Instituten veranstalteten „Talent Schools“ gibt es reservierte BwInf-Plätze.

Die Inhalte dieser exklusiven Angebote sind vielfältig. So entwickelten die Teilnehmer des BwInf-Camps des Hasso-Plattner-Instituts Algorithmen, mit denen sie in einem Spiel fortlaufend gegeneinander antreten, nur im Team konnte der IT-Nachwuchs im Wettbewerb erfolgreich sein. Anfang Februar lud das Kultusministerium zum „Jugendforum Informatik“ nach Stuttgart auf Burg Liebenzell. Die Münchner Informatiktage vermittelten einen Einblick in Grundlagen und Praxis der Benutzerschnittstellen. Dazu wurde ein gemeinsames Konzept entwickelt und bei QAware GmbH umgesetzt. Die FH Aachen lud zu Girls-Camp mit Einblick in Wissenschaft und Forschung.

Bei dem „MINT Camp: Aachener Informatiktage“ Anfang März diskutieren die Teilnehmer Fragestellungen zu Datenstrukturen, Suchalgorithmen, künstlicher Intelligenz, parallelen Programmierung und Kommunikation. Theoretische Algorithmen werden hier in Teamarbeit durch das Programmieren von Lego Mindstorms Robotern in die Praxis umgesetzt. Am Ende des Workshops werden die Roboter in einem Multiplayer-Spiel gegeneinander antreten.

Für die Teilnehmer bieten diese Workshops viel Potenzial. Sie haben die Möglichkeit, Kontakte mit renommierten Institutionen aufzubauen, gewinnen Einblicke in Strukturen und können ein Netzwerk mit anderen Teilnehmern schaffen. Es ist ein wichtiger Impuls für den Einstieg in die Informatik und für die eigene Lernmotivation. Sie erleben, wie sie ihr Wissen anwenden können und welche Möglichkeiten sich künftig in der IT für sie bieten. Mancher Teilnehmer entdeckt, welches persönliches Potenzial in ihm selbst steckt und wie und wohin er es entwickeln kann.

Die ca. dreißig bundesweit Besten werden zur dritten Runde, einem Kolloquium, eingeladen. Darin führt jeder ein Gespräch mit je einem Informatiker aus Schule und Hochschule und analysiert und bearbeitet im Team zwei Informatik-Probleme.

GI-Veranstaltungskalender

21.06.2018 – Dornbirn/Austria
uDay XVI – Assistenztechnologien in der Arbeitswelt
uDAY XVI
http://www.fhv.at/uday16

23.07.–27.07.2018 – Duisburg/Essen
IFIP TC7 Conference on System Modelling and Optimization
IFIP 2018
https://www.uni-due.de/mathematik/agclason/ifip2018.php

06.08.–24.08.2018 – Bremen
Sommeruniversität Informatica Feminale
IF
https://www.informatica-feminale.de

15.08.–19.08.2018 – Potsdam
Sommercamp für Schülerinnen und Schüler
https://hpi.de/veranstaltungen/schuelerveranstaltungen/2018/hpi-sommercamp-2018.html

27.08.–30.08.2018 – Hamburg
International Conference on Availability, Reliability and Security
ARES 2018
https://www.ares-conference.eu/

27.08.–30.08.2018 – Hamburg
Cross Domain Conference for Machine Learning and Knowledge Extraction
CD-MAKE 2018
https://cd-make.net/

28.08.–29.08.2018 – Potsdam
Schülerkolleg am Hasso-Plattner-Institut 2018/19
https://hpi.de/schuelerkolleg

02.09.–05.09.2018 – Dresden
Tagung Mensch und Computer 2018
MuC2018
http://muc2018.mensch-und-computer.de/

04.09.–05.09.2018 – Gelsenkirchen
DACH Security 2018
DACH Security
https://www.syssec.at/de/veranstaltungen/dachsecurity2018

10.09.–12.09.2018 – Frankfurt am Main
Die 16. E-Learning-Fachtagung Informatik 2018 (DeLFI)
DeLFI 2018
https://www.delfi2018.de/

12.09.–13.09.2018 – Frankfurt am Main
8. Fachtagung zur Hochschuldidaktik Informatik 2018 (HDI)
HDI 2018
https://www.hdi2018.de/

13.09.–15.09.2018 – Leipzig
CURAC 2018
https://www.curac.org/

14.09.–29.03.19 – Frankfurt am Main
IT-Qualitätsmanagement
https://www.frankfurt-university.de/index.php?id=17947

18.09.–20.09.2018 – Poznań/Poland
International Conference on Research and Practical Issues of Enterprise Information Systems
CONFENIS
http://webcampus.ifs.tuwien.ac.at/confenis2018/

20.09.–21.09.2018 – Berlin
5th international Workshop on Sensor-based Activity Recognition and Interaction
iWOAR 2018
http://www.iwoar.org

24.09.–27.09.2018 – Wittenberg
76. Workshop über Algorithmen und Komplexität + 28. Theorietag Automaten und Formale Sprachen
Theorietage 2018
http://nirvana.informatik.uni-halle.de/~theo/theorietag2018.html

25.09.2018 – Berlin
„Software Qualität ist wie Schönheit" – Workshop auf der INFORMATIK2018
https://fb-iug.gi.de/informatik-und-gesellschaft-iug/ak-sicher-in-die-digitalisierung-mit-gepruefter-software.html

26.09.–27.09.2018 – Berlin
48. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI)
INFORMATIK 2018
http://informatik2018.de/

15.10.–16.10.2018 – Düsseldorf
Projektmanagement und Vorgehensmodelle 2018
PVM 2018
http://pvm-tagung.de

24.10.–26.10.2018 – s-Hertogenbosch/Netherlands
The Seventeenth International Symposium on Intelligent Data Analysis
IDA2018
http://ida2018.org

28.10.–02.11.2018 – Cala Millor/Mallorca
11th GI Conference on Autonomous Systems
AutSys 2018
http://www.confautsys.org/

15.11.–16.11.2018 – Boppard am Rhein
FA Echtzeitsysteme: Echtzeit und Sicherheit
Echtzeit 2018
http://www.real-time.de/workshop.html

08.09.–11.09.2019 – Hamburg
Tagung Mensch und Computer 2019
MuC2019
https://www.mensch-und-computer.de

23.09.–27.09.2019 – Kassel
49. Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik e. V. (GI): Gesellschaft für Informatik – Informatik für Gesellschaft
INFORMATIK 2019
gs@gi.de